

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-234769  
(43)Date of publication of application : 31.08.2001

(51)Int.CI. F02D 13/02  
F01L 9/04  
F01L 13/00

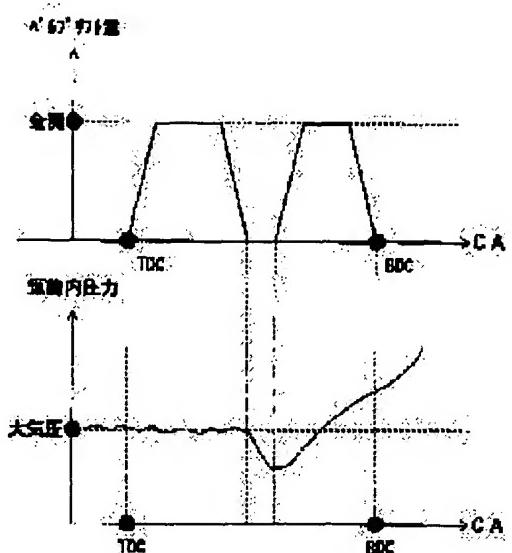
(21)Application number : 2000-050140 (71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP  
(22)Date of filing : 25.02.2000 (72)Inventor : MATSUMOTO ISAO  
KATSUMATA MASAJI  
TANAKA MASAAKI  
YOTSUEDA KEIJI

**(54) INTERNAL COMBUSTION ENGINE HAVING VARIABLE VALVE SYSTEM MECHANISM**

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To improve torque of an internal combustion engine by providing a technology capable of increasing intake filling efficiency without unnecessarily increasing pump loss in an internal combustion engine provided with a movable valve system mechanism.

**SOLUTION:** This internal combustion engine having the variable valve system mechanism generates irreducibly minimum negative pressure within a cylinder in process of intake stroke, and increases intake flow velocity to obtain an intake inertia effect by controlling the variable valve system mechanism so as to temporarily restrict opening of the intake valve at a prescribed time in intake stroke of each cylinder. Thus, intake filling efficiency is enhanced without increasing unnecessary pump loss and the internal combustion engine is characterized to increase the torque thereof.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision]

**\* NOTICES \***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

**[Claim(s)]**

[Claim 1] the inside of the cylinder in which the inlet valve and the exhaust valve were prepared, and the aforementioned inlet valve and the aforementioned exhaust valve -- at least -- the opening-and-closing timing of an inlet valve -- and -- or the internal combustion engine which has the good change valve system characterized by having the good change valve system which can change the amount of lifts, and the inlet-valve opening control means which control the aforementioned good change valve system to extract the opening of the aforementioned inlet valve temporarily in the intake stroke of the aforementioned cylinder

[Claim 2] the electromagnetism to which the aforementioned good change valve system carries out the opening-and-closing drive of an inlet valve and the exhaust valve using electromagnetic force -- the internal combustion engine which has the good change valve system according to claim 1 characterized by being a drive formula valve gear

[Claim 3] the time of the aforementioned inlet-valve opening control means having the operational status of the aforementioned internal combustion engine in a low rotation operating range -- the intake stroke of the aforementioned cylinder -- setting -- the opening of the aforementioned inlet valve -- temporary -- it should extract -- the above -- electromagnetism -- the internal combustion engine which has the good change valve system according to claim 2 characterized by controlling a drive formula valve gear

[Claim 4] It has further the amount control means of inhalation of air which control a drive formula valve gear. the target inhalation air content of a request of the inhalation air content of this internal combustion engine when the operational status of the aforementioned internal combustion engine is in a predetermined operating range -- it should carry out -- the above -- electromagnetism -- the time of the aforementioned inlet-valve opening control means being in the predetermined operating range which the operational status of the aforementioned internal combustion engine described above -- the intake stroke of the aforementioned cylinder -- setting -- the opening of the aforementioned inlet valve -- temporary -- it should extract -- the above -- electromagnetism -- the internal combustion engine which has the good change valve system according to claim 2 characterized by controlling a drive formula valve gear

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DETAILED DESCRIPTION

### [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] the internal combustion engine with which this invention is carried in an automobile etc. -- being related -- especially -- the inside of an inlet valve and an exhaust valve -- at least -- the opening-and-closing timing of an inlet valve -- and -- or it is related with the internal combustion engine which has the good change valve system which can change the amount of lifts

[0002]

[Description of the Prior Art] the internal combustion engine carried in an automobile etc. in recent years -- a purpose [ reduction / of fuel consumption / improvement in net combustion efficiency, the improvement in exhaust air emission, or ] -- carrying out -- one / at least / opening-and-closing stage of an inlet valve and an exhaust valve -- and -- or development of the internal combustion engine arbitrarily equipped with the good change valve system which can be changed is furthered in the amount of lifts

[0003] the electromagnetism which carries out the opening-and-closing drive of the inlet valve and exhaust valve of an internal combustion engine with electromagnetic force as a good change valve system, for example -- the valve gear of a drive formula proposes -- having -- \*\*\*\* -- electromagnetism -- as a drive formula valve gear For example, the armature which consists of the magnetic substance, is interlocked with an inhalation-of-air exhaust valve, and carries out attitude operation, The electromagnet for valve closing which attracts the aforementioned armature in the valve-closing direction when an exciting current is impressed, the electromagnetism equipped with the electromagnet for valve opening which attracts the aforementioned armature in the valve-opening direction when an exciting current is impressed, the valve-closing side return spring which energizes the aforementioned armature in the valve-closing direction, and the valve-opening side return spring which energizes the aforementioned armature in the valve-opening direction -- the drive formula valve gear is proposed

[0004] such electromagnetism -- according to the drive formula valve gear, in order not to carry out the opening-and-closing drive of the induction-exhaust valve like the conventional valve gear using the turning effort of an unit-power shaft (crankshaft), loss of the unit power resulting from the drive of an induction-exhaust valve with an unit-power shaft is prevented

[0005] According to the drive formula valve gear, rotation of an unit-power shaft does not need to be interlocked with like the conventional valve gear, and it is not necessary to carry out the opening-and-closing drive of the induction-exhaust valve. furthermore, electromagnetism which was described above -- Since it becomes possible to make arbitrary time open and close an induction-exhaust valve by changing the impression timing of the exciting current to the electromagnet for valve opening and the electromagnet for valve closing, It becomes possible to realize the so-called non throttle operation control which controls the inhalation air content of each cylinder, without using an inhalation-of-air throttle valve (throttle valve). Consequently, the pumping loss of the inhalation of air resulting from the throttle valve is suppressed.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way, when the operational status of an internal combustion engine was in a low rotation operating range, since the inertia effect of inhalation of air was not fully able to be acquired, it was difficult [ it / the rate of flow of inhalation of air was low, and ], although it was set up in the usual internal combustion engine so that an inlet valve might be made to close in an intake-stroke bottom dead point while the opening-and-closing timing of an inlet valve made the inlet valve open fundamentally in the intake-stroke top dead center of each cylinder to raise the charging efficiency of the inhalation of air in each cylinder.

[0007] On the other hand, it is possible by carrying out the angle of delay of the valve-opening time of an inlet valve from an intake-stroke top dead center using a good change valve system to raise the negative pressure degree in a

cylinder in a period until an inlet valve is opened from an intake-stroke top dead center, and to raise the rate of flow of the inhalation of air at the time of inlet-valve valve opening.

[0008] However, by the inhalation-of-air system of an internal combustion engine, the negative pressure wave generated [ near the inlet valve ] at the time of inlet-valve valve opening spreads to the air open end of an inhalation-of-air path. subsequently, since the so-called pressure vibration which is reflected as a positive pressure wave of an opposite phase in an air open end, and returns in a cylinder occurs, in order to acquire the inertia effect of inhalation of air While raising the rate of flow of inhalation of air, it is necessary to synchronize the valve-closing time of an inlet valve, and the time when the positive pressure wave by pressure vibration reaches in a cylinder.

[0009] The duration of the above-mentioned pressure period of vibration and the time of in other words an inlet valve opening to the time of a positive pressure wave reaching in a cylinder changes according to the distance to [ out of a cylinder ] an air open end. If it usually puts in another way when an internal combustion engine is in high rotation operational status, when the period of an intake stroke will become short, the distance to [ out of a cylinder ] an air open end is set up so that the valve-closing time of an inlet valve and the attainment time of a positive pressure wave may synchronize.

[0010] For this reason, in order to synchronize the valve-closing time of an inlet valve, and the attainment time of a positive pressure wave when the period of an intake stroke becomes long if it puts in another way when an internal combustion engine is in low rotation operational status, it will be necessary to carry out the angle of delay of the valve-opening time of an inlet valve superfluously.

[0011] however, when the angle of delay of the valve-opening time of an inlet valve is carried out from an intake-stroke top dead center Since the piston in a cylinder will resist negative pressure, and will carry out downward operation in a period until an inlet valve opens from an intake-stroke top dead center and the pumping loss of an internal combustion engine arises, When the angle of delay of the valve-opening time of an inlet valve is carried out superfluously, the pumping loss of an internal combustion engine increases superfluously, even if the charging efficiency of inhalation of air improves according to the inertia effect of inhalation of air, the torque of an internal combustion engine will not improve, but there is a possibility that torque may fall on the contrary.

[0012] this invention aims at what the torque of an internal combustion engine is raised for by being made in view of various situations which were described above, and offering the technology which can raise the charging efficiency of inhalation of air in case the technology which can raise the charging efficiency of inhalation of air, without increasing a pumping loss unnecessarily, especially an internal combustion engine are in low rotation operational status in the internal combustion engine equipped with the good change valve system

[0013]

[Means for Solving the Problem] The following meanses were used for this invention in order to solve the above-mentioned technical problem. namely, the inside of the cylinder in which, as for the internal combustion engine which has a good change valve system concerning this invention, the inlet valve and the exhaust valve were prepared, and the aforementioned inlet valve and the aforementioned exhaust valve -- at least -- the opening-and-closing timing of an inlet valve -- and -- or it is characterized by to have the good change valve system which can change the amount of lifts, and the inlet-valve opening control means which control the aforementioned good change valve system to extract the opening of the aforementioned inlet valve temporarily in the intake stroke of the aforementioned cylinder

[0014] Thus, inlet-valve opening control means will control a good change valve system by the internal combustion engine which has the constituted good change valve system to extract the opening of an inlet valve temporarily in the intake stroke of each cylinder.

[0015] Since the amount of inhalation of air which flows into a cylinder will be temporarily restricted once the opening of an inlet valve is extracted in the middle of an intake stroke, the negative pressure degree in a cylinder is raised and the rate of flow of the inhalation of air which flows into a cylinder becomes high.

[0016] Furthermore, the negative pressure wave generated when the opening of an inlet valve was extracted in the middle of the intake stroke and the opening of an inlet valve is extracted spreads from the inside of a cylinder to the air open end of an inhalation-of-air system. Subsequently, since pressure vibration which is reflected as a positive pressure wave in an air open end, and returns in a cylinder occurs, If the drawing stage of an inlet valve is set up that the stage when the positive pressure wave by pressure vibration reaches in a cylinder, and the stage which an inlet valve closes should be synchronized, it will become possible to fully acquire the inertia effect of inhalation of air.

[0017] Therefore, since the inertia effect of inhalation of air will be acquired while the rate of flow of the inhalation of air which flows in each cylinder will become high, if the opening of an inlet valve is extracted in the intake stroke of each cylinder at a predetermined stage, the charging efficiency of the inhalation of air in each cylinder improves. In addition, since the opening of an inlet valve is [ only being temporarily extracted in the middle of an intake stroke, and ], a superfluous pumping loss does not generate it.

[0018] next, the electromagnetism which carries out the opening-and-closing drive of an inlet valve and the exhaust valve as a good change valve system concerning this invention using electromagnetic force, for example -- a drive formula valve gear can be illustrated the time of inlet-valve opening control means having the operational status of an internal combustion engine in a low rotation operating range in that case -- the intake stroke of each cylinder -- setting -- the opening of an inlet valve -- temporary -- it should extract -- electromagnetism -- you may make it control a drive formula valve gear

[0019] although the rate of flow of inhalation of air becomes it is high and easy [ acquiring the inertia effect of inhalation of air ] when this has the operational status of an internal combustion engine in high rotation operational status, when the operational status of an internal combustion engine is in a low rotation operating range, the rate of flow of inhalation of air is slow, and it becomes difficult to acquire the inertia effect of inhalation of air -- it is a sake

[0020] moreover, the target inhalation air content of a request of the inhalation air content of this internal combustion engine when the operational status of an internal combustion engine is in a predetermined operating range in the internal combustion engine which has a good change valve system concerning this invention -- it should carry out -- electromagnetism -- when it has further the amount control means of inhalation of air which control a drive formula valve gear, inlet-valve opening control means the time of being in the predetermined operating range which the operational status of an internal combustion engine described above -- the intake stroke of each cylinder -- setting -- the opening of an inlet valve -- temporary -- it should extract -- electromagnetism -- you may make it control a drive formula valve gear

[0021] this -- the opening-and-closing timing of an inlet valve and an exhaust valve -- and -- or the inhalation air content of an internal combustion engine is adjusted by controlling the amount of lifts -- When the non throttle operation control is performed in such an internal combustion engine supposing the internal combustion engine which can realize the so-called non throttle operation control It is because it is necessary to raise the rate of flow of inhalation of air, and to attain improvement in a charging efficiency of inhalation of air, and atomization of fuel since the rate of flow of the inhalation of air at the time of flowing in a cylinder tends to become low.

[0022]

[Embodiments of the Invention] The concrete embodiment of the internal combustion engine which has a good change valve system concerning this invention hereafter is explained based on a drawing.

[0023] Drawing 1 is drawing showing the outline composition of the internal combustion engine concerning the form of this operation, and its pumping system. The internal combustion engine 1 shown in drawing 1 is the water cooling type gasoline engine of the four cycle equipped with two or more cylinders 21.

[0024] The internal combustion engine 1 is equipped with cylinder block 1b in which four cylinders 21 and cooling water way 1c were formed, and cylinder head 1a fixed to the upper part of this cylinder block 1b.

[0025] It is supported free [ rotation of the unit-power shaft slack crankshaft 23 ] by aforementioned cylinder block 1b, and this crankshaft 23 is connected with the piston 22 with which it was loaded free [ sliding in each cylinder 21 ] at it.

[0026] The combustion chamber 24 surrounded by the top face of a piston 22 and the wall surface of cylinder head 1a is formed in the piston 22 upper part of each cylinder 21. An ignition plug 25 is attached in aforementioned cylinder head 1a so that the combustion chamber 24 of each cylinder 21 may be attended, and ignitor 25a for impressing drive current to this ignition plug 25 is connected to this ignition plug 25.

[0027] While two opening edges of a suction port 26 are formed, two opening edges of the exhaust air port 27 are formed in the part which attends the combustion chamber 24 of each cylinder 21 in the aforementioned cylinder head 1a. And the inlet valve 28 which opens and closes each opening edge of the aforementioned suction port 26, and the exhaust valve 29 which open and close each opening edge of the aforementioned exhaust air port 27 are formed in aforementioned cylinder head 1a free [ an attitude ].

[0028] the electromagnetism which carries out the attitude drive of the aforementioned inlet valve 28 using the electromagnetic force generated when an exciting current is impressed to aforementioned cylinder head 1a -- a drive 30 (the following and an inspired air flow path -- electromagnetism -- it is described as a drive 30) -- an inlet valve 28 and same number \*\*\*\*\* each inspired air flow path -- electromagnetism -- a drive 30 -- this inspired air flow path -- electromagnetism -- drive circuit 30a (it is hereafter described as inspired air flow path drive circuit 30a) for impressing an exciting current to drive 30 is connected electrically

[0029] the electromagnetism which carries out the attitude drive of the aforementioned exhaust valve 29 using the electromagnetic force generated when an exciting current is impressed to aforementioned cylinder head 1a -- a drive 31 (the following and an exhaust side -- electromagnetism -- it is described as a drive 31) -- an exhaust valve 29 and same number \*\*\*\*\* each exhaust side -- electromagnetism -- a drive 31 -- this exhaust side -- electromagnetism -- drive circuit 31a (the following and an exhaust side -- electromagnetism -- it is described as a drive 31) for impressing an exciting current is electrically connected to the drive 31

[0030] the above-mentioned inspired air flow path -- electromagnetism -- a drive 30 and an exhaust side -- electromagnetism -- a drive 31 realizes the good change valve system concerning this invention here -- an inspired air flow path -- electromagnetism -- a drive 30 and an exhaust side -- electromagnetism -- the concrete composition of a drive 31 is described in addition, an inspired air flow path -- electromagnetism -- a drive 30 and an exhaust side -- electromagnetism -- since a drive 31 is the same composition -- an inspired air flow path -- electromagnetism -- only a drive 30 is mentioned as an example and explained

[0031] drawing 2 -- an inspired air flow path -- electromagnetism -- it is the cross section showing the composition of a drive 30 In drawing 2, cylinder head 1a of an internal combustion engine 1 is equipped with the lower head 10 fixed to the upper surface of cylinder block 1b, and the upper head 11 prepared in the upper part of this lower head 10.

[0032] Two suction ports 26 are formed in the aforementioned lower head 10 every cylinder 21, and the valve seat 12 for valve element 28a of an inlet valve 28 sitting down is formed in the opening edge by the side of the combustion chamber 24 of each suction port 26 at it.

[0033] It applies to the upper surface of this lower head 10 from the internal surface of each suction port 26, the breakthrough of a cross-section round shape is formed in a lower head 10, and the tubed valve guide 13 which holds valve-stem 28b of the inlet valve 28 inserted in this breakthrough free [ an attitude ] is inserted in it at this breakthrough.

[0034] The core mounting hole 14 of the cross-section round shape in which the 1st core 301 and the 2nd core 302 are inserted is formed in the part from which the aforementioned valve guide 13 and an axial center become the same in the upper head 11. Lower 14b of the aforementioned core mounting hole 14 is formed in path size as compared with the up 14a. Below, lower 14b of the aforementioned core mounting hole 14 is called path voluminousness 14b, and up 14a of the aforementioned core mounting hole 14 is described as \*\*\*\*\*14a.

[0035] The 1st annular core 301 and the 2nd annular core 302 which consist of a soft magnetic material are fitted in shaft orientations in series through the predetermined gap 303 at the aforementioned \*\*\*\*\*14a. In the upper limit of these 1st core 301, and the soffit of the 2nd core 302 Flange 301a and flange 302a are formed, respectively. the 1st core 301 from the upper part Moreover, the 2nd core 302 is fitted in the core mounting hole 14 from a lower part, respectively. When flange 301a and flange 302a contact the marginal part of the core mounting hole 14, positioning of the 1st core 301 and the 2nd core 302 is carried out, and the aforementioned gap 303 is held at a predetermined distance.

[0036] The tubed upper cap 305 is formed above the 1st core 301. This upper cap 305 makes flange 305a formed in the soffit penetrate a bolt 304, and is being fixed to the upper head 11 upper surface. In this case, after the soffit of the upper cap 305 containing flange 305a has contacted the upper surface periphery section of the 1st core 301, it will be fixed, consequently the 1st core 301 will be fixed to the upper head 11.

[0037] The lower cap 307 which becomes the lower part of the 2nd core 302 from the annular solid which has the outer diameter of path voluminousness 14b of the core mounting hole 14 and \*\*\*\*\* on the other hand is formed. A bolt 307 penetrates to this lower cap 307, and it is fixed to the downward level difference side in the step of the aforementioned \*\*\*\*\* 14a and path voluminousness 14b with the bolt 307. In this case, after the lower cap 307 has contacted the inferior-surface-of-tongue periphery section of the 1st core 302, it will be fixed, consequently the 2nd core 302 will be fixed to the upper head 11.

[0038] the slot formed in the field by the side of the aforementioned gap 303 of the 1st core 301 of the above -- the 1st electromagnetism -- the slot which the coil 308 is grasped and was formed in the field by the side of the gap 303 of the 2nd core 302 of the above -- the 2nd electromagnetism -- the coil 309 is grasped that time -- the 1st electromagnetism - - a coil 308 and the 2nd electromagnetism -- a coil 309 shall be arranged in the position which faces each other through the aforementioned gap 303 and the 1st and 2nd electromagnetism -- coils 308 and 309 are electrically connected with inspired air flow path drive circuit 30a mentioned above

[0039] The armature 311 which consists of an annular soft magnetic material which has a \*\*\*\*\* outer diameter from the bore of this gap 303 is arranged in the aforementioned gap 303. The armature shaft 310 of the shape of a pillar which extended in the vertical direction along with the axial center of this armature 311 is being fixed to the centrum of this armature 311. This armature shaft 311 is formed so that the soffit may result in path voluminousness 14b of the lower part through the centrum of the 2nd core 302, and is held free [ an attitude ] to shaft orientations with the 1st core 301 of the above, and the 2nd core 302 of the above while the upper limit results in the upper upper cap 305 through the centrum of the 1st core 301 of the above.

[0040] While the disc-like upper retainer 312 is joined to the upper-limit section of the armature shaft 310 which extended in the aforementioned upper cap 305, the adjustment bolt 313 is screwed on the aforementioned upper cap's 305 up opening, and the upper spring 314 intervenes between these upper retainer 312 and the adjustment bolt 313. Moreover, the spring seat 315 which has the aforementioned upper cap's 305 bore and the outer diameter of \*\*\*\*\* is

infixed in the contact side of the aforementioned adjustment bolt 313 and the aforementioned upper spring 314. [0041] On the other hand, the upper-limit section of valve-stem 28b of an inlet valve 28 is in contact with the soffit section of the armature shaft 310 which extended in the aforementioned major-diameter section 12b. Disk-like ROARITENA 28c is joined to the periphery of the upper-limit section of the aforementioned valve-stem 28b, and the ROASU pulling 316 intervenes between the undersurface of the ROARITENA 28c, and the upper surface of a lower head 10.

[0042] thus, the constituted inspired air flow path -- electromagnetism -- in a drive 30 the 1st electromagnetism from inspired air flow path drive circuit 30a -- a coil 308 and the 2nd electromagnetism, when the exciting current is not impressed to the coil 309 While the down (namely, direction which makes an inlet valve 28 open) energization force acts from the upper spring 314 to the armature shaft 310 The above (namely, direction which makes an inlet valve 28 close) energization force acts from the ROASU pulling 316 to an inlet valve 28. Consequently, it will be held at the state where the armature shaft 310 and the inlet valve 28 contacted mutually, and the elastic support was carried out to the position, and the so-called neutral state.

[0043] In addition, the energization force of the upper spring 314 and the ROASU pulling 316 It is set up so that the center valve position of the aforementioned armature 311 may be in agreement with the middle position of the 1st core 301 of the above, and the 2nd core 302 of the above in the aforementioned gap 303. When it shifts from the mid-position which the center valve position of an armature 311 described above by initial tolerance, secular change, etc. of a component part, it is possible to adjust with the adjustment bolt 313 so that it may be in agreement with the mid-position which the center valve position of an armature 311 described above.

[0044] moreover, the time of the aforementioned armature 311 being located in the mid-position of the aforementioned gap 303, as for the length of the shaft orientations of the aforementioned armature shaft 310 and the aforementioned valve-stem 28b -- the aforementioned valve element 28a -- a full open side -- a variation rate -- an edge side and a close-by-pass-bulb-completely side -- a variation rate -- it is set up so that it may become a middle position (an inside open position is called hereafter) with an edge

[0045] said inspired air flow path -- electromagnetism -- a drive 30 -- the 1st electromagnetism from inspired air flow path drive circuit 30a -- if an exciting current is impressed to a coil 308 -- the 1st core 301 and the 1st electromagnetism -- between a coil 308 and an armature 311 the electromagnetic force of a direction to which the variation rate of the armature 311 is carried out to the 1st core 301 side -- generating -- the 2nd electromagnetism from inspired air flow path drive circuit 30a, if an exciting current is impressed to a coil 309 the 2nd core 302 and the 2nd electromagnetism -- the electromagnetic force of a direction to which the variation rate of the armature 311 is carried out to the 2nd core 302 side of the above between a coil 309 and an armature 311 occurs

[0046] therefore, the above-mentioned inspired air flow path -- electromagnetism -- a drive 30 -- the exciting current from inspired air flow path drive circuit 30a -- the 1st electromagnetism -- a coil 308 and the 2nd electromagnetism -- by being impressed by the coil 309 by turns, an armature 311 will carry out attitude operation, with the opening-and-closing drive of the valve element 28a will be carried out that time -- the 1st electromagnetism -- a coil 308 and the 2nd electromagnetism -- it becomes possible by changing the impression timing of the exciting current to a coil 309, and the size of an exciting current to control the opening-and-closing timing of an inlet valve 28

[0047] moreover, the above-mentioned inspired air flow path -- electromagnetism -- the valve-lift sensor 317 which detects the variation rate of an inlet valve 28 is attached in the drive 30 This valve-lift sensor 317 consists of disc-like target 317a attached in the upper surface of the upper retainer 312, and the aforementioned upper retainer 312 in the adjustment bolt 313 and gap sensor 317b attached in the part which counters.

[0048] thus -- the constituted valve-lift sensor 317 -- the aforementioned target 317a -- the aforementioned inspired air flow path -- electromagnetism -- it will displace in one with the armature 311 of a drive 30, and the aforementioned gap sensor 317b will output the electrical signal corresponding to the distance of this gap sensor 317b and the aforementioned target 317a

[0049] It becomes possible in that case to specify the variation rate of an armature 311 and an inlet valve 28 by memorizing beforehand the output signal value of gap sensor 317b in case an armature 311 is in a neutral state, and computing the deflection of the output signal value and the output signal value of gap sensor 317b at present.

[0050] Here, it returns to drawing 1 , the inhalation-of-air branch pipe 33 which consists of four branch pipes is connected to cylinder head 1a of an internal combustion engine 1, and the suction port 26 of each cylinder 21 is open for free passage with each branch pipe of the aforementioned inhalation-of-air branch pipe 33. The fuel injection valve 32 is attached so that the nozzle hole may face in a suction port 26 in the aforementioned cylinder head 1a near the connection grade with the aforementioned inhalation-of-air branch pipe 33.

[0051] The aforementioned inhalation-of-air branch pipe 33 is connected to the surge tank 34 for suppressing pulsation of inhalation of air. The inlet pipe 35 is connected to the aforementioned surge tank 34. The aforementioned inlet pipe

35 is connected with the air cleaner box 36 for removing dust, dust, etc. under inhalation of air.

[0052] The air flow meter 44 which outputs the electrical signal corresponding to the mass (inhalation air mass) of the air which flows the inside of this inlet pipe 35 to the aforementioned inlet pipe 35 is attached. In the aforementioned inlet pipe 35, the throttle valve 39 which adjusts the flow rate of the inhalation of air which flows the inside of this inlet pipe 35 is formed in the down-stream part from the aforementioned air flow meter 44.

[0053] The actuator 40 for throttles which consists of a stepper motor etc. and carries out the opening-and-closing drive of the aforementioned throttle valve 39 according to the size of impression power, the throttle position sensor 41 which outputs the electrical signal corresponding to the opening of the aforementioned throttle valve 39, and the accelerator position sensor 43 which is mechanically connected to an accelerator pedal 42 and outputs the electrical signal corresponding to the control input of this accelerator pedal 42 are attached in the aforementioned throttle valve 39.

[0054] The exhaust air branch pipe 45 formed in cylinder head 1a of the aforementioned internal combustion engine 1 on the other hand so that four branch pipes might join one manifold on the direct lower stream of a river of an internal combustion engine 1 is connected, and the exhaust air port 27 of each cylinder 21 is open for free passage with each branch pipe of the aforementioned exhaust air branch pipe 45.

[0055] The manifold of said exhaust air branch pipe 45 is connected with the exhaust air purification catalyst 46. The exhaust air purification catalyst 46 is connected with an exhaust pipe 47, and the exhaust pipe 47 is connected with the muffler which is not illustrated on a lower stream of a river.

[0056] The air-fuel ratio sensor 48 which outputs the electrical signal corresponding to the air-fuel ratio of the exhaust air which flows the inside of this exhaust air branch pipe 45, and the air-fuel ratio of the exhaust air which in other words flows into the aforementioned exhaust air purification catalyst 46 is attached in the manifold of the aforementioned exhaust air branch pipe 45.

[0057] The aforementioned exhaust air purification catalyst 46 For example, the hydrocarbon contained while exhausting, when the air-fuel ratio of the exhaust air which flows into this exhaust air purification catalyst 46 is a predetermined air-fuel ratio near the theoretical air fuel ratio (HC), Occlusion of the nitrogen oxide (NOx) contained during exhaust air when the air-fuel ratio of the exhaust air which flows into the three way component catalyst and this exhaust air purification catalyst 46 which purify a carbon monoxide (CO) and nitrogen oxide (NOx) is a RIN air-fuel ratio is carried out. Emitting the nitrogen oxide (NOx) which was carrying out occlusion, when the air-fuel ratio of inflow exhaust air is theoretical air fuel ratio or a rich air-fuel ratio Reduction, the occlusion reduction-type NOx catalyst to purify, They are the selection reduction-type NOx catalyst which returns and purifies the nitrogen oxide (NOx) under exhaust air when the air-fuel ratio of the exhaust air which flows into this exhaust air purification catalyst 46 is in a hyperoxia state and a predetermined reducing agent exists, or the catalyst which comes to combine various kinds of above-mentioned catalysts suitably.

[0058] moreover, the electromagnetism attached in timing rotor 51a and cylinder block 1b near the timing rotor 51a by which the internal combustion engine 1 was attached in the edge of a crankshaft 23 -- it has the coolant temperature sensor 52 attached in cylinder block 1b that the temperature of the cooling water which flows cooling water way 1c formed in the crank position sensor 51 which consists of pickup 51b, and the interior of an internal combustion engine 1 should be detected

[0059] Thus, the electronic control unit (Electronic Control Unit:ECU) 20 for controlling the operational status of this internal combustion engine 1 is put side by side in the constituted internal combustion engine 1.

[0060] A throttle position sensor 41, the accelerator position sensor 43, an air flow meter 44, the air-fuel ratio sensor 48, the crank position sensor 51, a coolant temperature sensor 52, and the various sensors of valve-lift sensor 317 grade are connected to the above ECU 20 through electric wiring, and the output signal of each sensor is inputted into ECU20.

[0061] It is possible to connect ignitor 25a, inspired air flow path drive circuit 30a, exhaust side drive circuit 31a, a fuel injection valve 32, and the actuator 40 grade for throttles to the above ECU 20 through electric wiring, and for ECU20 to make the output signal value of various sensors a parameter, and to control ignitor 25a, inspired air flow path drive circuit 30a, exhaust side drive circuit 31a, a fuel injection valve 32, and the actuator 40 for throttles.

[0062] Here, ECU20 is equipped with A/D converter (A/D) 407 connected to the aforementioned input port 405 while it is equipped with CPU401, ROM402 and RAM403, the backup RAM 404 and input port 405, and the output port 406 which were mutually connected by the bidirectional bus 400, as shown in drawing 3.

[0063] It connects through the sensor and electric wiring which output the signal of analog signal form like a throttle position sensor 41, the accelerator position sensor 43, an air flow meter 44, the air-fuel ratio sensor 48, a coolant temperature sensor 52, and valve-lift sensor 317 grade, and after changing the output signal of each sensor into digital signal form from analog signal form, it transmits to the aforementioned input port 405 at aforementioned A/D407.

[0064] While connecting with the throttle position sensor 41 mentioned above, the accelerator position sensor 43, an

air flow meter 44, the air-fuel ratio sensor 48, and the sensor that outputs the signal of analog signal form like coolant temperature sensor 52 grade through aforementioned A/D407, the direct file of the aforementioned input port 405 is carried out to the sensor which outputs the signal of digital signal form like the crank position sensor 51.

[0065] The aforementioned input port 405 inputs the output signal of various sensors through direct or A/D407, and transmits those output signals to CPU401 or RAM403 through a bidirectional bus 400.

[0066] The aforementioned output port 406 is connected with ignitor 25a, inspired air flow path drive circuit 30a, exhaust side drive circuit 31a, the fuel injection valve 32, and the actuator 40 grade for throttles through electric wiring. The aforementioned output port 406 inputs the control signal outputted from CPU401 through a bidirectional bus 400, and transmits the control signal to ignitor 25a, inspired air flow path drive circuit 30a, exhaust side drive circuit 31a, a fuel injection valve 32, or the actuator 40 for throttles.

[0067] The fuel-oil-consumption control routine for the above ROM 402 determining fuel oil consumption, The inlet-valve opening-and-closing timing-control routine for determining the fuel-injection-timing control routine for determining fuel injection timing, and the opening-and-closing timing of an inlet valve 28, The exhaust-valve-opens close timing-control routine for determining the opening-and-closing timing of an exhaust valve 29, an inspired air flow path -- electromagnetism -- the inspired air flow path exciting-current control routine for determining the amount of exciting currents which should be impressed to a drive 30 -- an exhaust side -- electromagnetism -- the amount control routine of exhaust side exciting currents for determining the amount of exciting currents which should be impressed to a drive 31 -- The ignition-timing control routine for determining ignition timing of the ignition plug 25 of each cylinder 21, The inlet-valve opening control routine for controlling inspired air flow path drive circuit 30a that opening of an inlet valve 28 should be made desired opening in addition to application programs, such as a throttle opening control routine for determining the opening of a throttle valve 39, is memorized.

[0068] In addition to said application program, the above ROM 402 has memorized various kinds of control maps. Said control map For example, the fuel-oil-consumption control map in which the relation between the operational status of an internal combustion engine 1 and fuel oil consumption is shown, The fuel-injection-timing control map in which the relation between the operational status of an internal combustion engine 1 and fuel injection timing is shown, The inlet-valve opening-and-closing timing-control map in which the relation between the operational status of an internal combustion engine 1 and the opening-and-closing timing of an inlet valve 28 is shown, The exhaust-valve-opens close timing-control map in which the relation between the operational status of an internal combustion engine 1 and the opening-and-closing timing of an exhaust valve 29 is shown, the operational status of an internal combustion engine 1, and an inspired air flow path -- electromagnetism -- a drive 30 and an exhaust side -- electromagnetism -- the amount control map of exciting currents in which a relation with the amount of exciting currents which should be impressed to a drive 31 is shown -- The ignition-timing control map in which the relation between the operational status of an internal combustion engine 1 and ignition timing of each ignition plug 25 is shown, They are the throttle opening control map in which the relation between the operational status of an internal combustion engine 1 and the opening of a throttle valve 39 is shown, the inlet-valve opening control map in which the relation between the operational status of an internal combustion engine 1 and the opening of an inlet valve 28 is shown.

[0069] The above RAM 403 memorizes the output signal of each sensor, the result of an operation of CPU401, etc. The aforementioned result of an operation is an engine rotational frequency computed based on the output signal of the crank position sensor 51. Various kinds of data memorized by the above RAM 403 are rewritten by the data of the newest whenever the crank position sensor 51 outputs a signal.

[0070] After the shutdown of an internal combustion engine 1 is the nonvolatile memory holding data, and the aforementioned backup RAM 45 memorizes the study value concerning various control etc. The above CPU 401 performs inlet-valve opening control used as the summary of this invention while it operates according to the application program memorized by the above ROM 402 and performs fuel-injection control and ignition control.

[0071] Hereafter, the inlet-valve opening control concerning the gestalt of this operation is described. Although the opening-and-closing timing of the inlet valve 28 in case the operational status of an internal combustion engine 1 is in a low rotation operating range is usually set up so that an inlet valve 28 may close the valve in an intake-stroke bottom dead point while an inlet valve 28 opens in an intake-stroke top dead center as shown in drawing 4 Since the rate of flow of inhalation of air is low at the time of a low and it cannot fully acquire the inertia effect of inhalation of air, an engine rotational frequency cannot make the pressure in the cylinder at the time of valve closing of an inlet valve 28 higher than atmospheric pressure.

[0072] On the other hand, as shown in drawing 5, by generating negative pressure in a cylinder 21 in a period until it carries out the angle of delay of the valve-opening stage of an inlet valve 28 from an intake-stroke top dead center and an inlet valve 28 opens from an intake-stroke top dead center, the rate of flow of the inhalation of air at the time of valve opening of an inlet valve 28 is raised, and it is possible to acquire the inertia effect of inhalation of air.

[0073] However, when the operational status of an internal combustion engine 1 is in a high rotation operating range (i.e., when an intake-stroke period becomes short), the inhalation-of-air system of an internal combustion engine 1 is designed so that the inertia effect of inhalation of air may be acquired. for this reason, when the operational status of an internal combustion engine 1 is in a low rotation operating range (i.e., when an intake-stroke period becomes long), in order to acquire the inertia effect of inhalation of air, the angle of delay of the open valve timing of an inlet valve 28 will have to be carried out so much that the time interval of the valve-opening stage of an inlet valve 28 and a valve-closing stage should make it short, and the pumping loss of an internal combustion engine 1 will increase unnecessarily

[0074] Then, in the inlet-valve opening control concerning the form of this operation, CPU401 extracted the opening of an inlet valve 28 to the closed position temporarily in the middle of the intake stroke of each cylinder 21. That is, in the inlet-valve opening control concerning the form of this operation, CPU401 was made to carry out the opening-and-closing drive of the inlet valve 28 twice in the intake stroke of each cylinder 21.

[0075] Below, the valve-closing time of 2nd valve-opening time:VO [ 2 or 2nd ] shall be called [ the valve-opening time to be the 1st time in case the opening-and-closing drive of the inlet valve 28 is carried out twice by the intake stroke of each cylinder 21 / the valve-closing time of 1st valve-opening time:VO / 1 or 1st ] 2nd valve-closing time:VC2 for the valve-opening time of 1st valve-closing time:VC / 1 or 2nd /.

[0076] Thus, if the opening-and-closing drive of the inlet valve 28 is carried out twice in the intake stroke of each cylinder 21, as shown in drawing 6, since inhalation of air will flow in a cylinder 21 in the valve-opening period to 1st valve-closing time:VC1 according to downward operation of a piston 22 from 1st valve-opening time:VO1, the pressure in a cylinder 21 serves as abbreviation atmospheric pressure.

[0077] Then, 1st valve-closing time:VC1 to 2nd valve-opening time: In the valve-closing period to VO2, since inhalation of air stops flowing in a cylinder 21 according to downward operation of a piston 22, negative pressure will occur in a cylinder 21, consequently a pressure differential will arise between the upstream (inhalation-of-air system) of an inlet valve 28, and a lower stream of a river (inside of a cylinder 21).

[0078] valve-opening time [ of \*\* a 2nd ]: -- valve-closing time [ of VO2 to \*\* a 2nd ]: -- in the valve-opening period to VC2, the rate of flow of the inhalation of air which flows in a cylinder 21 by the pressure differential of the upstream of an inlet valve 28 and a lower stream of a river will be raised

[0079] Furthermore, by the aforementioned pressure differential, a negative pressure wave occurs in about 28 inlet valve, and the negative pressure wave spreads to an inhalation-of-air system. Subsequently, since the so-called pressure vibration to which it is reflected in as a positive pressure wave in the air open end of an inhalation-of-air system, and the aforementioned negative pressure wave returns to the about 28 aforementioned inlet valve will occur, Time and 2nd valve-closing time when the positive pressure wave by pressure vibration reaches in a cylinder 21 : by setting up 2nd valve-opening time:VO2 that VC2 seems to synchronize what it becomes possible to acquire the inertia effect of inhalation of air, consequently the pressure in the cylinder 21 in 2nd valve-closing time:VC2 is made higher than atmospheric pressure for becomes possible

[0080] On the other hand, the rate of flow of the inhalation of air which flows into a cylinder 21 changes according to the size of the pressure differential of the upstream of an inlet valve 28, and a lower stream of a river. the aforementioned pressure differential valve-closing stage [ of \*\* a 1st ]: -- VC1 and valve-opening stage [ of \*\* a 2nd ]: -- since it changes according to an interval with VO2, it is possible to lengthen the interval of 1st valve-closing stage:VC1 and 2nd valve-opening stage:VO2, and to raise the rate of flow of inhalation of air

[0081] However, since the rate of flow of inhalation of air serves as the maximum at acoustic velocity, even if it lengthens superfluously the interval of 1st valve-closing stage:VC1 and 2nd valve-opening stage:VO2, it becomes impossible to raise the rate of flow of inhalation of air, and it is increasing the pumping loss of an internal combustion engine 1.

[0082] Then, with the gestalt of this operation, the interval of 1st valve-closing stage:VC1 and 2nd valve-opening stage:VO2 shall be set up so that it may become a necessary minimum interval (it is hereafter described as a momentary valve-closing interval) when making the rate of flow of inhalation of air into acoustic velocity. Let a valve-closing interval be this thing that is called for experimentally beforehand and memorized to the predetermined field of ROM402 temporarily.

[0083] Next, the inlet-valve opening control concerning the gestalt of this operation is explained concretely. In case CPU401 performs inlet-valve opening control, it will perform an inlet-valve opening control routine as shown in drawing 7. This inlet-valve opening control routine is a routine beforehand memorized by ROM402, and is a routine repeatedly performed for every (for example, whenever [ to which the crank position sensor 51 outputs a pulse signal ]) predetermined time by CPU401.

[0084] In the aforementioned inlet-valve opening control routine, first, in S701, CPU401 is accessed to the

predetermined field of RAM403, and reads the newest engine rotational frequency (Ne).

[0085] In S702, CPU401 distinguishes whether the engine rotational frequency (Ne) read with the above S701 is below a predetermined rotational frequency (Nes). Here, said predetermined rotational frequency (Nes) is the minimum engine rotational frequency which can acquire the desired inertia effect, when the opening-and-closing drive of the inlet valve 28 is carried out to the usual opening-and-closing timing. This predetermined rotational frequency (Nes) is the value calculated experimentally beforehand, and is memorized to the predetermined field of ROM402.

[0086] When it judges with the aforementioned engine rotational frequency (Ne) being more than the aforementioned predetermined rotational frequency (Nes) in the above S702, it considers that CPU401 can acquire the desired inertia effect even if it carries out the opening-and-closing drive of the inlet valve 28 to the usual opening-and-closing timing, and progresses to S707.

[0087] CPU401 controls inspired air flow path drive circuit 30a by the usual opening-and-closing timing S707 that the opening-and-closing drive of the inlet valve 28 should be carried out. It considers that it cannot acquire the desired inertia effect on the other hand even if CPU401 carries out the opening-and-closing drive of the inlet valve 28 to the usual opening-and-closing timing when the aforementioned engine rotational frequency (Ne) judges with a low from the aforementioned predetermined rotational frequency (Nes) in the above S702, and progresses to S703.

[0088] In S703, CPU401 computes 1st valve-opening stage:VO1, 1st valve-closing stage:VC1, 2nd valve-opening stage:VO2, and 2nd valve-closing stage:VC2. Specifically, first, CPU401 sets 2nd valve-closing stage:VC2 as an intake-stroke bottom dead point while setting 1st valve-opening stage:VO1 as an intake-stroke top dead center.

[0089] Then, as for CPU401, the positive pressure wave of pressure vibration generated in 2nd valve-opening stage:VO2 determines 2nd valve-opening stage:VO2 that the stage and 2nd valve-closing stage:VC2 which reach in a cylinder 21 will synchronize.

[0090] Namely, the duration (it is hereafter described as 2nd valve-opening time:TO) from 2nd valve-opening stage:VO2 to 2nd valve-closing stage:VC2 and the 2nd valve-opening stage: Determine 2nd valve-opening stage:VO2 that the duration (it is hereafter described as positive pressure wave propagation-time:TS) of the time of a positive pressure wave reaching a cylinder 21 from VO2 will be in agreement.

[0091] Although the aforementioned positive pressure wave propagation-time:TS serves as abbreviation constant value in that case since positive pressure wave propagation speed serves as abbreviation regularity at acoustic velocity 2nd valve-opening time: Since it changes according to an engine rotational frequency (Ne), TO asks for the relation between an engine rotational frequency (Ne), positive pressure wave propagation-time:TS, and 2nd valve-opening stage:VO2 experimentally beforehand, map-izes those relations and may memorize them to ROM402.

[0092] it described above -- as -- valve-opening stage [ of \*\* a 2nd ]: -- if VO2 is computed, it will compute 1st valve-closing stage:VC1 by CPU401 reading a valve-closing interval temporarily which is memorized by ROM402, and subtracting a valve-closing interval from valve-opening stage:VO2 of the above 2nd temporarily [ aforementioned ]

[0093] Thus, 1st valve-opening stage:VO1, 1st valve-closing stage:VC1, the 2nd valve-opening stage which CPU401 progressed to S704 and were computed with the above S703 when it finished performing processing of S702: Control inspired air flow path drive circuit 30a that the opening-and-closing drive of the inlet valve 28 of each cylinder 21 should be carried out according to VO2 and 2nd valve-closing stage:VC2.

[0094] In this case, first, the inlet valve 28 of each cylinder 21 is once closed by 1st valve-closing stage:VC1, after opening by 1st valve-opening stage:VO1. Subsequently, the 2nd valve-opening stage after the inlet valve 28 of each cylinder 21 was closed by valve-closing stage:VC1 of the above 1st: It will open again by VO2 and the valve will be again closed by 2nd valve-closing stage:VC2. That is, as the explanation of drawing 6 mentioned above described, in the intake stroke of each cylinder 21, the opening-and-closing drive of the inlet valve 28 of each cylinder 21 will be carried out twice.

[0095] Consequently, since the positive pressure wave of pressure vibration generated in 2nd valve-opening stage:VO2 will synchronize with 2nd valve-closing stage:VC2 while the rate of flow of the inhalation of air which flows in a cylinder 21 is raised, it becomes possible to raise the charging efficiency of the inhalation of air in each cylinder 21.

[0096] Furthermore, with the gestalt of this operation, since the interval (momentary valve-closing interval) of 1st valve-closing stage:VC1 and 2nd valve-opening stage:VO2 is set as minimum length when making into acoustic velocity the rate of flow of the inhalation of air which flows in a cylinder 21, the pumping loss of an internal combustion engine 1 does not increase unnecessarily.

[0097] Thus, when CPU401 performs an inlet-valve opening control routine, the inlet-valve opening control means concerning this invention will be realized. Therefore, according to the internal combustion engine which has a good change valve system concerning the gestalt of this operation When the operational status of an internal combustion engine 1 is in a low rotation operating range, while being able to raise the rate of flow of the inhalation of air which flows in each cylinder 21, without increasing the pumping loss of an internal combustion engine 1 unnecessarily since

the inertia effect of inhalation of air can be acquired, what the charging efficiency of the inhalation of air in each cylinder 21 is raised, with the torque of an internal combustion engine 1 is raised for becomes possible [0098] in addition, electromagnetism -- in the internal combustion engine 1 equipped with the drive formula valve gear, holding a throttle valve 39 to the opening which is opened fully substantially that the pumping loss accompanying generating of inlet-pipe negative pressure should be prevented When the so-called non throttle operation control which controls the opening-and-closing timing of an inlet valve 28 and an exhaust valve 29, and controls an inhalation air content is performed Since the pressure in an inhalation-of-air path serves as abbreviation atmospheric pressure and it is hard coming to generate negative pressure in the cylinder 21 in an intake stroke, the rate of flow of inhalation of air is low, and a bird clapper is assumed that it is difficult to evaporate the fuel injected from the fuel injection valve 32. [0099] Then, as shown in drawing 8, CPU401 raises the rate of flow of the inhalation of air which the pressure differential of the upstream of an inlet valve 28 and the lower stream of a river at the time of inlet-valve 28 valve opening is increased, with flows in a cylinder 21, and you may make it promote atomization of fuel and atomization with the gestalt of this operation, by carrying out the specified quantity angle of delay of the valve-opening stage of an inlet valve 28 from an intake-stroke top dead center, when non throttle operation of the internal combustion engine 1 is carried out.

[0100] In this case, in the cylinder 21 in an intake stroke, the good combustible gas mixture with which new mind and fuel were mixed homogeneously will be formed. Consequently, with necessary minimum fuel, it becomes possible to form a desired combustible gas mixture, and fuel consumption will be reduced.

[0101]

[Effect of the Invention] In the internal combustion engine which has a good change valve system concerning this invention, it becomes possible by extracting the opening of an inlet valve temporarily in the middle of the intake stroke of each cylinder to make high the rate of flow of the inhalation of air which flows into a cylinder.

[0102] furthermore, in the internal combustion engine which has a good change valve system concerning this invention Since the so-called pressure vibration to which it spreads to the inhalation-of-air system of an internal combustion engine, it is subsequently reflected in as a positive pressure wave in the air open end of an inhalation-of-air system, and the negative pressure wave generated within the cylinder returns in a cylinder will occur when the opening of an inlet valve is extracted, By setting up the drawing stage of an inlet valve that the stage when the positive pressure wave by pressure vibration reaches in a cylinder, and the stage which an inlet valve closes should be synchronized, it becomes possible to acquire the inertia effect of inhalation of air.

[0103] In that case, since the opening of an inlet valve is [ only being temporarily extracted in the middle of an intake stroke, and ], the pumping loss of an internal combustion engine does not increase unnecessarily. therefore, since it becomes possible to acquire the inertia effect of inhalation of air while being able to raise the rate of flow of the inhalation of air which flows in a cylinder according to the internal combustion engine which has a good change valve system concerning this invention, without increasing the pumping loss of an internal combustion engine unnecessarily, what the charging efficiency of the inhalation of air in each cylinder improves, with the torque of an internal combustion engine is raised for becomes possible

---

[Translation done.]

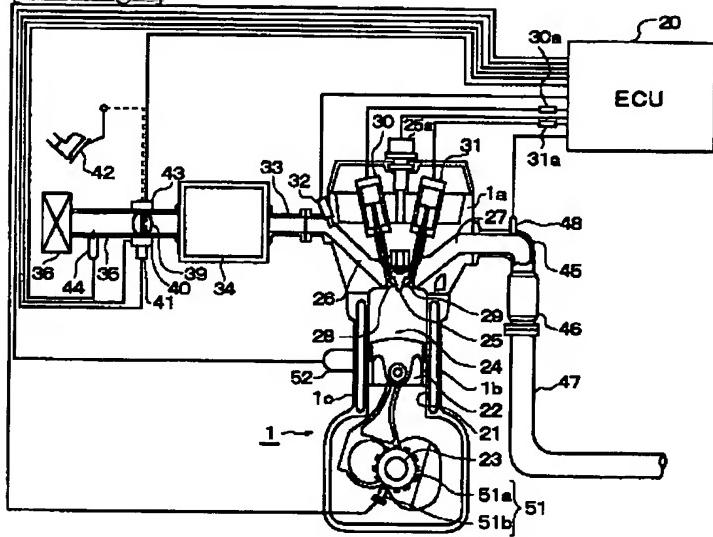
\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

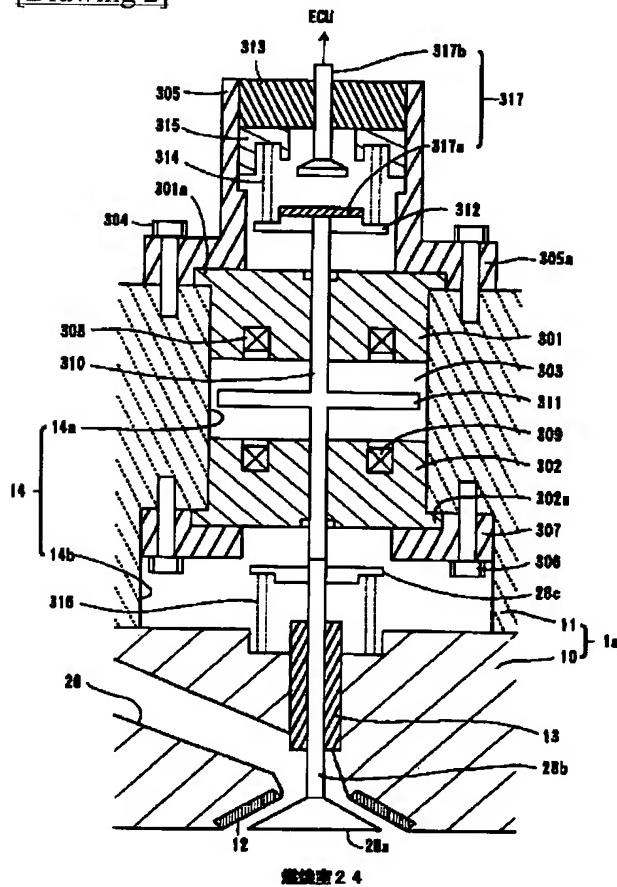
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
  2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
  3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

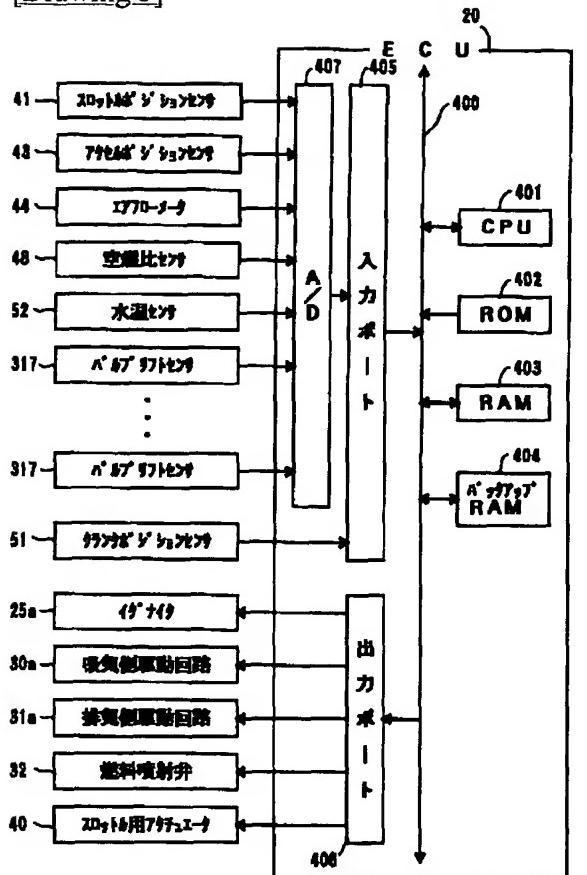
### [Drawing 1]



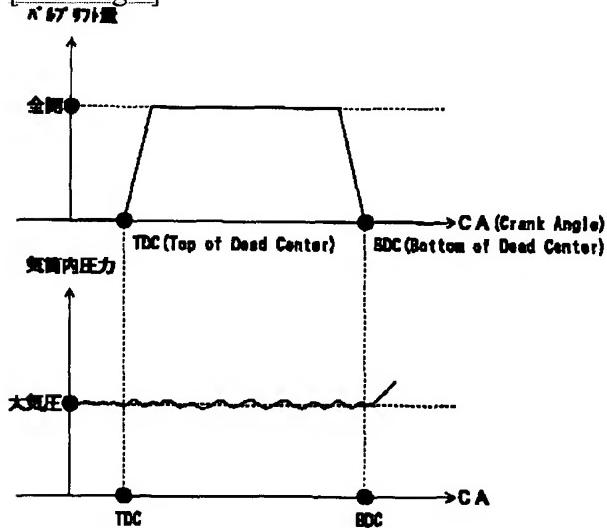
### [Drawing 2]



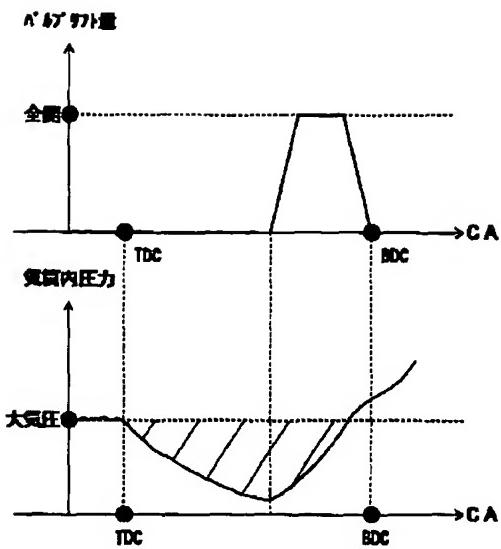
[Drawing 3]



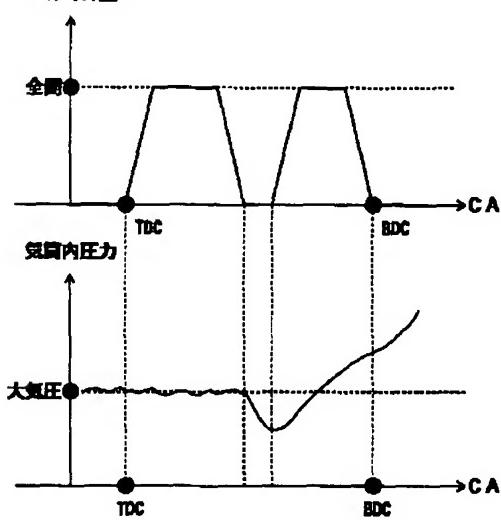
[Drawing 4]



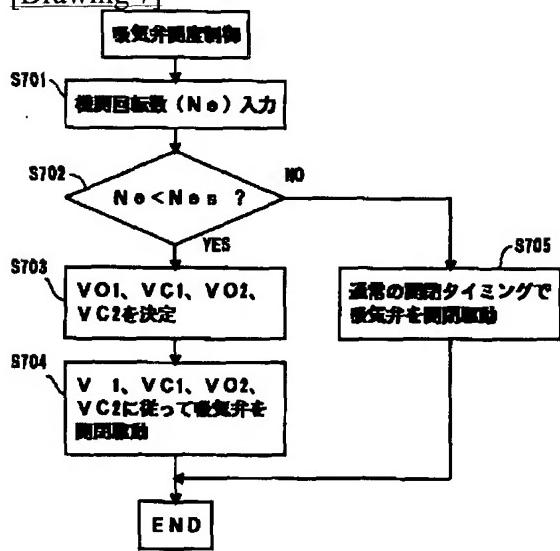
[Drawing 5]



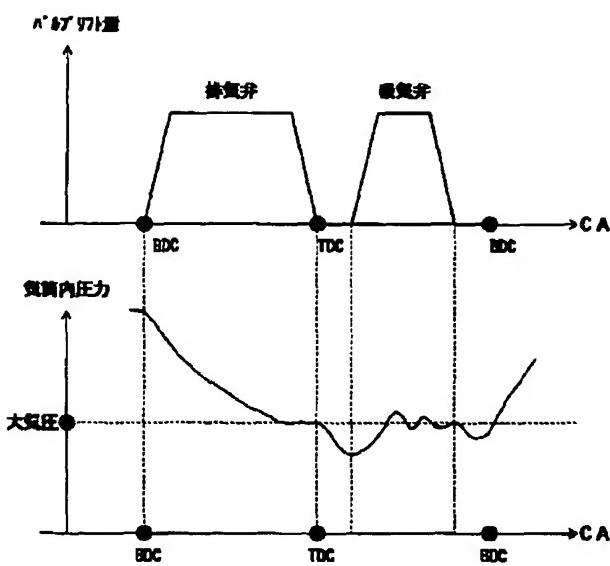
[Drawing 6]



[Drawing 7]



[Drawing 8]



---

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2001-234769  
(P2001-234769A)

(43)公開日 平成13年8月31日 (2001.8.31)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マゴ-ト(参考)
F 02 D 13/02		F 02 D 13/02	H 3 G 01 8
F 01 L 9/04		F 01 L 9/04	A 3 G 09 2
13/00	3 0 1	13/00	3 0 1 Y

審査請求 未請求 請求項の数4 OL (全 11 頁)

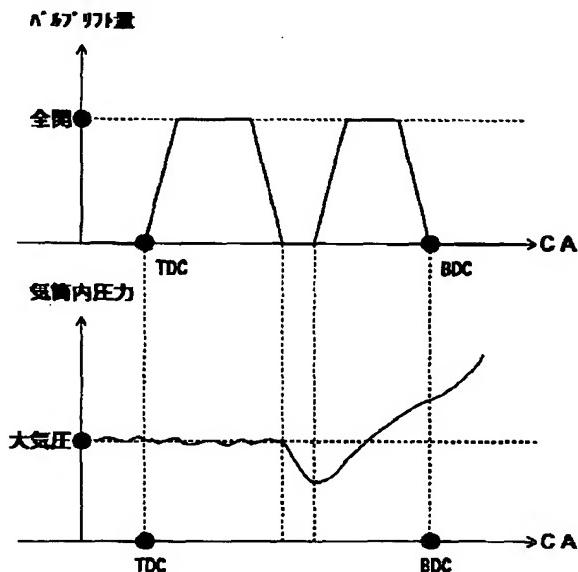
(21)出願番号	特願2000-50140(P2000-50140)	(71)出願人	000003207 トヨタ自動車株式会社 愛知県豊田市トヨタ町1番地
(22)出願日	平成12年2月25日 (2000.2.25)	(72)発明者	松本 功 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
		(72)発明者	勝間田 正司 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
		(74)代理人	100089244 弁理士 遠山 勉 (外3名)
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 可変動弁機構を有する内燃機関

(57)【要約】

【課題】 本発明は、可変動弁機構を備えた内燃機関において、ポンプ損失を不要に増大させることなく吸気の充填効率を高めることができる技術を提供することにより、内燃機関のトルクを向上させることを目的とする。

【解決手段】 本発明に係る可変動弁機構を有する内燃機関は、各気筒の吸気行程において所定の時期に吸気弁の開度を一時的に絞るべく可変動弁機構を制御することにより、吸気行程途中の気筒内に必要最小限の負圧を発生させて、吸気の流速を高めるとともに吸気の慣性効果が得られるようにし、以て不要なポンプ損失を増大させることなく吸気の充填効率を高め、内燃機関のトルクを向上させることを特徴とする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 吸気弁及び排気弁が設けられた気筒と、前記吸気弁と前記排気弁とのうち少なくとも吸気弁の開閉タイミングおよびまたはリフト量を変更可能な可変動弁機構と、前記気筒の吸気行程において前記吸気弁の開度を一時的に絞るべく前記可変動弁機構を制御する吸気弁開度制御手段と、

を備えることを特徴とする可変動弁機構を有する内燃機関。

【請求項2】 前記可変動弁機構は、電磁力をを利用して吸気弁および排気弁を開閉駆動する電磁駆動式動弁機構であることを特徴とする請求項1に記載の可変動弁機構を有する内燃機関。

【請求項3】 前記吸気弁開度制御手段は、前記内燃機関の運転状態が低回転運転領域にあるときに、前記気筒の吸気行程において前記吸気弁の開度を一時的に絞るべく前記電磁駆動式動弁機構を制御することを特徴とする請求項2に記載の可変動弁機構を有する内燃機関。

【請求項4】 前記内燃機関の運転状態が所定の運転領域にあるときに該内燃機関の吸入空気量を所望の目標吸入空気量とすべく前記電磁駆動式動弁機構を制御する吸気量制御手段を更に備え、前記吸気弁開度制御手段は、前記内燃機関の運転状態が前記した所定の運転領域にあるときに、前記気筒の吸気行程において前記吸気弁の開度を一時的に絞るべく前記電磁駆動式動弁機構を制御することを特徴とする請求項2に記載の可変動弁機構を有する内燃機関。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、自動車などに搭載される内燃機関に関し、特に、吸気弁と排気弁とのうち少なくとも吸気弁の開閉タイミングおよびまたはリフト量を変更可能な可変動弁機構を有する内燃機関に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、自動車等に搭載される内燃機関では、正味燃焼効率の向上、排気エミッションの向上、あるいは燃料消費量の低減等を目的として、吸気弁と排気弁との少なくとも一方の開閉時期およびまたはリフト量を任意に変更可能な可変動弁機構を備えた内燃機関の開発が進められている。

【0003】可変動弁機構としては、例えば、内燃機関の吸気弁及び排気弁を電磁力によって開閉駆動する電磁駆動式の動弁機構が提案されており、電磁駆動式動弁機構としては、例えば、磁性体からなり吸気排気弁に連動して進退動作するアーマチャと、励磁電流が印加されたときに前記アーマチャを閉弁方向へ吸引する閉弁用電磁石と、励磁電流が印加されたときに前記アーマチャを開弁方向へ吸引する開弁用電磁石と、前記アーマチャを閉

弁方向へ付勢する閉弁側戻しばねと、前記アーマチャを開弁方向へ付勢する開弁側戻しばねとを備えた電磁駆動式動弁機構が提案されている。

【0004】このような電磁駆動式動弁機構によれば、従来の動弁機構のように機関出力軸（クランクシャフト）の回転力をを利用して吸排気弁を開閉駆動させる必要がないため、機関出力軸による吸排気弁の駆動に起因した機関出力の損失が防止される。

【0005】更に、上記したような電磁駆動式動弁機構によれば、従来の動弁機構のように機関出力軸の回転と連動して吸排気弁を開閉駆動する必要がなく、開弁用電磁石と閉弁用電磁石に対する励磁電流の印加タイミングを変更することによって吸排気弁を任意の時期に開閉させることができとなるため、吸気絞り弁（スロットル弁）を用いることなく各気筒の吸入空気量を制御する、いわゆるノンスロットル運転制御を実現することが可能となる。この結果、スロットル弁に起因した吸気のポンピングロスが抑制される。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところで、通常の内燃機関では、吸気弁の開閉タイミングは、基本的に各気筒の吸気行程上死点で吸気弁を開弁させるとともに吸気行程下死点で吸気弁を閉弁させるよう設定されるが、内燃機関の運転状態が低回転運転領域にあるときは、吸気の流速が低く、吸気の慣性効果を得るために各気筒における吸気の充填効率を高めることが困難であった。

【0007】これに対し、可変動弁機構を利用して吸気弁の開弁時期を吸気行程上死点より遅角させることにより、吸気行程上死点から吸気弁が開弁されるまでの期間において気筒内の負圧度合いを高め、吸気弁開弁時における吸気の流速を高められることが考えられる。

【0008】但し、内燃機関の吸気系では、吸気弁開弁時に吸気弁近傍において発生した負圧波が吸気通路の大気開放端へ伝播し、次いで大気開放端において逆位相の正圧波として反射されて気筒内に戻ってくる、いわゆる圧力振動が発生するため、吸気の慣性効果を得るために吸気の流速を高めると同時に、吸気弁の閉弁時期と圧力振動による正圧波が気筒内に到達する時期とを同期させる必要がある。

【0009】上記した圧力振動の周期、言い換えれば吸気弁が開弁した時点から正圧波が気筒内に到達する時点までの所要時間は、気筒内から大気開放端までの距離に応じて変化する。気筒内から大気開放端までの距離は、通常、内燃機関が高回転運転状態にあるとき、言い換えれば吸気行程の期間が短くなるときに、吸気弁の閉弁時期と正圧波の到達時期とが同期するよう設定される。

【0010】このため、内燃機関が低回転運転状態にあるとき、言い換えれば、吸気行程の期間が長くなるときに、吸気弁の閉弁時期と正圧波の到達時期とを同期させ

るには、吸気弁の開弁時期を過剰に遅角させる必要が生じる。

【0011】しかしながら、吸気弁の開弁時期が吸気行程上死点より遅角された場合には、吸気行程上死点から吸気弁が開弁するまでの期間において、気筒内のピストンが負圧に抗して下降動作することになり、内燃機関のポンプ損失が生じるため、吸気弁の開弁時期が過剰に遅角されると、内燃機関のポンプ損失が過剰に増大してしまい、たとえ吸気の慣性効果によって吸気の充填効率が向上しても内燃機関のトルクが向上せず、却ってトルクが低下してしまう虞がある。

【0012】本発明は、上記したような種々の事情に鑑みてなされたものであり、可変動弁機構を備えた内燃機関において、ポンプ損失を不要に増大させることなく吸気の充填効率を高めることができる技術、特に内燃機関が低回転運転状態にあるときの吸気の充填効率を高めることができると技術を提供することにより、内燃機関のトルクを向上させることを目的とする。

### 【0013】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記した課題を解決するために以下のような手段を採用した。すなわち、本発明に係る可変動弁機構を有する内燃機関は、吸気弁及び排気弁が設けられた気筒と、前記吸気弁と前記排気弁とのうち少なくとも吸気弁の開閉タイミングおよびまたはリフト量を変更可能な可変動弁機構と、前記気筒の吸気行程において前記吸気弁の開度を一時的に絞るべく前記可変動弁機構を制御する吸気弁開度制御手段と、を備えることを特徴としている。

【0014】このように構成された可変動弁機構を有する内燃機関では、吸気弁開度制御手段は、各気筒の吸気行程において吸気弁の開度を一時的に絞るべく可変動弁機構を制御することになる。

【0015】吸気行程の途中で吸気弁の開度が一旦絞られると、気筒内へ流入する吸気量が一時的に制限されるため、気筒内の負圧度合いが高められ、気筒内へ流入する吸気の流速が高くなる。

【0016】更に、吸気行程の途中で吸気弁の開度が絞られると、吸気弁の開度が絞られた際に発生する負圧波が気筒内から吸気系の大気開放端へ伝播し、次いで大気開放端において正圧波として反射されて気筒内に戻ってくる圧力振動が発生するため、圧力振動による正圧波が気筒内に到達する時期と吸気弁が閉弁する時期とを同期させるべく吸気弁の絞り時期を設定すれば、吸気の慣性効果を十分に得ることが可能となる。

【0017】従って、各気筒の吸気行程において所定の時期に吸気弁の開度が絞られると、各気筒内に流入する吸気の流速が高くなるとともに、吸気の慣性効果が得られることになるため、各気筒における吸気の充填効率が向上する。尚、吸気弁の開度は、吸気行程途中で一時的に絞られるのみであるため、過剰なポンプ損失が発生す

ることもない。

【0018】次に、本発明に係る可変動弁機構としては、例えば、電磁力をを利用して吸気弁および排気弁を開閉駆動する電磁駆動式動弁機構を例示することができる。その際、吸気弁開度制御手段は、内燃機関の運転状態が低回転運転領域にあるときに、各気筒の吸気行程において吸気弁の開度を一時的に絞るべく電磁駆動式動弁機構を制御するようにしてもよい。

【0019】これは、内燃機関の運転状態が高回転運転状態にあるときは、吸気の流速が高く、吸気の慣性効果を得ることが容易となるが、内燃機関の運転状態が低回転運転領域にあるときは、吸気の流速が遅く、吸気の慣性効果を得ることが困難となるためである。

【0020】また、本発明に係る可変動弁機構を有する内燃機関において、内燃機関の運転状態が所定の運転領域にあるときに該内燃機関の吸入空気量を所望の目標吸入空気量とすべく電磁駆動式動弁機構を制御する吸気量制御手段を更に備えている場合は、吸気弁開度制御手段は、内燃機関の運転状態が前記した所定の運転領域にあるときに、各気筒の吸気行程において吸気弁の開度を一時的に絞るべく電磁駆動式動弁機構を制御するようにしてもよい。

【0021】これは、吸気弁及び排気弁の開閉タイミングおよびまたはリフト量を制御することによって内燃機関の吸入空気量を調整する、所謂ノンスロットル運転制御が実現可能な内燃機関を想定したものであり、そのような内燃機関においてノンスロットル運転制御が実行されている場合は、気筒内に流入する際の吸気の流速が低くなり易いため、吸気の流速を高めて吸気の充填効率向上と燃料の微粒化を図る必要があるからである。

### 【0022】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係る可変動弁機構を有する内燃機関の具体的な実施態様について図面に基づいて説明する。

【0023】図1は、本実施の形態に係る内燃機関とその吸排気系の概略構成を示す図である。図1に示す内燃機関1は、複数の気筒21を備えた4サイクルの水冷式ガソリンエンジンである。

【0024】内燃機関1は、4つの気筒21及び冷却水路1cが形成されたシリンダブロック1bと、このシリンダブロック1bの上部に固定されたシリンダヘッド1aとを備えている。

【0025】前記シリンダブロック1bには、機関出力軸たるクランクシャフト23が回転自在に支持され、このクランクシャフト23は、各気筒21内に摺動自在に装填されたピストン22と連結されている。

【0026】各気筒21のピストン22上方には、ピストン22の頂面とシリンダヘッド1aの壁面とに囲まれた燃焼室24が形成されている。前記シリンダヘッド1aには、各気筒21の燃焼室24に臨むよう点火栓25

が取り付けられ、この点火栓25には、該点火栓25に駆動電流を印加するためのイグナイタ25aが接続されている。

【0027】前記シリンダヘッド1aにおいて各気筒21の燃焼室24に臨む部位には、吸気ポート26の開口端が2つ形成されるとともに、排気ポート27の開口端が2つ形成されている。そして、前記シリンダヘッド1aには、前記吸気ポート26の各開口端を開閉する吸気弁28と、前記排気ポート27の各開口端を開閉する排気弁29とが進退自在に設けられている。

【0028】前記シリンダヘッド1aには、励磁電流が印加されたときに発生する電磁力をを利用して前記吸気弁28を進退駆動する電磁駆動機構30（以下、吸気側電磁駆動機構30と記す）が吸気弁28と同数設けられている。各吸気側電磁駆動機構30には、該吸気側電磁駆動30に励磁電流を印加するための駆動回路30a（以下、吸気側駆動回路30aと記す）が電気的に接続されている。

【0029】前記シリンダヘッド1aには、励磁電流が印加されたときに発生する電磁力をを利用して前記排気弁29を進退駆動する電磁駆動機構31（以下、排気側電磁駆動機構31と記す）が排気弁29と同数設けられている。各排気側電磁駆動機構31には、該排気側電磁駆動機構31に励磁電流を印加するための駆動回路31a（以下、排気側駆動回路31aと記す）が電気的に接続されている。

【0030】上記した吸気側電磁駆動機構30と排気側電磁駆動機構31とは、本発明に係る可変動弁機構を実現するものである。ここで、吸気側電磁駆動機構30と排気側電磁駆動機構31の具体的な構成について述べる。尚、吸気側電磁駆動機構30と排気側電磁駆動機構31とは同様の構成であるため、吸気側電磁駆動機構30のみを例に挙げて説明する。

【0031】図2は、吸気側電磁駆動機構30の構成を示す断面図である。図2において内燃機関1のシリンダヘッド1aは、シリンダブロック1bの上面に固定されるロアヘッド10と、このロアヘッド10の上部に設けられたアップヘッド11とを備えている。

【0032】前記ロアヘッド10には、各気筒21毎に2つの吸気ポート26が形成され、各吸気ポート26の燃焼室24側の開口端には、吸気弁28の弁体28aが着座するための弁座12が設けられている。

【0033】ロアヘッド10には、各吸気ポート26の内壁面からこのロアヘッド10の上面にかけて断面円形の貫通孔が形成され、この貫通孔には、この貫通孔に挿通される吸気弁28の弁軸28bを進退自在に保持する筒状のバルブガイド13が挿入されている。

【0034】アップヘッド11において前記バルブガイド13と軸心が同一となる部位には、第1コア301及び第2コア302が嵌入される断面円形のコア取付孔1

4が設けられている。前記コア取付孔14の下部14bは、その上部14aに比して径大に形成されている。以下では、前記コア取付孔14の下部14bを径大部14bと称し、前記コア取付孔14の上部14aを径小部14aと記す。

【0035】前記径小部14aには、軟磁性体からなる環状の第1コア301と第2コア302とが所定の間隙303を介して軸方向に直列に嵌挿されている。これらの第1コア301の上端と第2コア302の下端には、それぞれフランジ301aとフランジ302aが形成されており、第1コア301は上方から、また第2コア302は下方からそれぞれコア取付孔14に嵌挿され、フランジ301aとフランジ302aがコア取付孔14の縁部に当接することにより第1コア301と第2コア302の位置決めがされて、前記間隙303が所定の距離に保持されるようになっている。

【0036】第1コア301の上方には、筒状のアップキャップ305が設けられている。このアップキャップ305は、その下端に形成されたフランジ部305aにボルト304を貫通させてアップヘッド11上面に固定されている。この場合、フランジ部305aを含むアップキャップ305の下端が第1コア301の上面周縁部に当接した状態で固定されることになり、その結果、第1コア301がアップヘッド11に固定されることになる。

【0037】一方、第2コア302の下部には、コア取付孔14の径大部14bと略同径の外径を有する環状体からなるロアキャップ307が設けられている。このロアキャップ307にはボルト307が貫通し、そのボルト307により前記径小部14aと径大部14bの段部における下向きの段差面に固定されている。この場合、ロアキャップ307が第1コア302の下面周縁部に当接した状態で固定されることになり、その結果、第2コア302がアップヘッド11に固定されることになる。

【0038】前記第1コア301の前記間隙303側の面に形成された溝部には、第1の電磁コイル308が把持されており、前記第2コア302の間隙303側の面に形成された溝部には第2の電磁コイル309が把持されている。その際、第1の電磁コイル308と第2の電磁コイル309とは、前記間隙303を介して向き合う位置に配置されるものとする。そして、第1及び第2の電磁コイル308、309は、前述した吸気側駆動回路30aと電気的に接続されている。

【0039】前記間隙303には、該間隙303の内径より径小な外径を有する環状の軟磁性体からなるアーマチャ311が配置されている。このアーマチャ311の中空部には、該アーマチャ311の軸心に沿って上下方向に延出した円柱状のアーマチャシャフト310が固定されている。このアーマチャシャフト311は、その上端が前記第1コア301の中空部を通ってその上方のア

ッパキャップ305内まで至るとともに、その下端が第2コア302の中空部を通ってその下方の径大部14b内に至るよう形成され、前記第1コア301及び前記第2コア302によって軸方向へ進退自在に保持されている。

【0040】前記アップキャップ305内に延出したアーマチャシャフト310の上端部には、円板状のアップリテーナ312が接合されるとともに、前記アップキャップ305の上部開口部にはアジャストボルト313が螺着され、これらアップリテーナ312とアジャストボルト313との間には、アップスプリング314が介在している。また、前記アジャストボルト313と前記アップスプリング314との当接面には、前記アップキャップ305の内径と略同径の外径を有するスプリングシート315が介装されている。

【0041】一方、前記大径部12b内に延出したアーマチャシャフト310の下端部には、吸気弁28の弁軸28bの上端部が当接している。前記弁軸28bの上端部の外周には、円盤状のロアリテーナ28cが接合されており、そのロアリテーナ28cの下面とロアヘッド10の上面との間には、ロアスプリング316が介在している。

【0042】このように構成された吸気側電磁駆動機構30では、吸気側駆動回路30aから第1の電磁コイル308及び第2の電磁コイル309に対して励磁電流が印加されていないときは、アップスプリング314からアーマチャシャフト310に対して下方向（すなわち、吸気弁28を開弁させる方向）への付勢力が作用するとともに、ロアスプリング316から吸気弁28に対して上方向（すなわち、吸気弁28を閉弁させる方向）への付勢力が作用し、その結果、アーマチャシャフト310及び吸気弁28が互いに当接して所定の位置に弹性支持された状態、いわゆる中立状態に保持されることになる。

【0043】尚、アップスプリング314とロアスプリング316の付勢力は、前記アーマチャ311の中立位置が前記間隙303において前記第1コア301と前記第2コア302の中間の位置に一致するよう設定されており、構成部品の初期公差や経年変化等によってアーマチャ311の中立位置が前記した中間位置からずれた場合には、アーマチャ311の中立位置が前記した中間位置と一致するようアジャストボルト313によって調整することが可能になっている。

【0044】また、前記アーマチャシャフト310及び前記弁軸28bの軸方向の長さは、前記アーマチャ311が前記間隙303の中間位置に位置するときに、前記弁体28aが全開側変位端と全閉側変位端との中間の位置（以下、中開位置と称する）となるように設定されている。

【0045】前記した吸気側電磁駆動機構30では、吸

気側駆動回路30aから第1の電磁コイル308に対して励磁電流が印加されると、第1コア301と第1の電磁コイル308とアーマチャ311との間に、アーマチャ311を第1コア301側へ変位させる方向の電磁力が発生し、吸気側駆動回路30aから第2の電磁コイル309に対して励磁電流が印加されると、第2コア302と第2の電磁コイル309とアーマチャ311との間にアーマチャ311を前記第2コア302側へ変位させる方向の電磁力が発生する。

【0046】従って、上記した吸気側電磁駆動機構30では、吸気側駆動回路30aからの励磁電流が第1の電磁コイル308と第2の電磁コイル309とに交互に印加されることにより、アーマチャ311が進退動作し、以て弁体28aが開閉駆動されることになる。その際、第1の電磁コイル308及び第2の電磁コイル309に対する励磁電流の印加タイミングと励磁電流の大きさを変更することにより、吸気弁28の開閉タイミングを制御することが可能となる。

【0047】また、上記した吸気側電磁駆動機構30には、吸気弁28の変位を検出するバルブリフトセンサ317が取り付けられている。このバルブリフトセンサ317は、アップリテーナ312の上面に取り付けられた円板状のターゲット317aと、アジャストボルト313における前記アップリテーナ312と対向する部位に取り付けられたギャップセンサ317bとから構成されている。

【0048】このように構成されたバルブリフトセンサ317では、前記ターゲット317aが前記吸気側電磁駆動機構30のアーマチャ311と一体的に変位し、前記ギャップセンサ317bが該ギャップセンサ317bと前記ターゲット317aとの距離に対応した電気信号を出力することになる。

【0049】その際、アーマチャ311が中立状態にあるときのギャップセンサ317bの出力信号値を予め記憶しておき、その出力信号値と現時点におけるギャップセンサ317bの出力信号値との偏差を算出することにより、アーマチャ311及び吸気弁28の変位を特定することが可能となる。

【0050】ここで、図1に戻り、内燃機関1のシリンダヘッド1aには、4つの枝管からなる吸気枝管33が接続され、各気筒21の吸気ポート26が前記吸気枝管33の各枝管と連通している。前記シリンダヘッド1aにおいて前記吸気枝管33との接続部位の近傍には、その噴孔が吸気ポート26内に臨むよう燃料噴射弁32が取り付けられている。

【0051】前記吸気枝管33は、吸気の脈動を抑制するためのサージタンク34に接続されている。前記サージタンク34には、吸気管35が接続されている。前記吸気管35は、吸気中の塵や埃等を取り除くためのエアクリーナボックス36と接続されている。

【0052】前記吸気管35には、該吸気管35内を流れる空気の質量（吸入空気質量）に対応した電気信号を出力するエアフローメータ44が取り付けられている。前記吸気管35において前記エアフローメータ44より下流の部位には、該吸気管35内を流れる吸気の流量を調整するスロットル弁39が設けられている。

【0053】前記スロットル弁39には、ステッパモータ等からなり印加電力の大きさに応じて前記スロットル弁39を開閉駆動するスロットル用アクチュエータ40と、前記スロットル弁39の開度に対応した電気信号を出力するスロットルポジションセンサ41と、アクセルペダル42に機械的に接続され該アクセルペダル42の操作量に対応した電気信号を出力するアクセルポジションセンサ43とが取り付けられている。

【0054】一方、前記内燃機関1のシリンダヘッド1aには、4本の枝管が内燃機関1の直下流において1本の集合管に合流するよう形成された排気枝管45が接続され、各気筒21の排気ポート27が前記排気枝管45の各枝管と連通している。

【0055】前記した排気枝管45の集合管は、排気浄化触媒46と接続されている。排気浄化触媒46は、排気管47と接続され、排気管47は、下流にて図示しないマフラーと接続されている。

【0056】前記排気枝管45の集合管には、該排気枝管45内を流れる排気の空燃比、言い換えれば、前記排気浄化触媒46に流入する排気の空燃比に対応した電気信号を出力する空燃比センサ48が取り付けられている。

【0057】前記排気浄化触媒46は、例えば、該排気浄化触媒46に流入する排気の空燃比が理論空燃比近傍の所定の空燃比であるときに排氣中に含まれる炭化水素(HC)、一酸化炭素(CO)、窒素酸化物(NOx)を浄化する三元触媒、該排気浄化触媒46に流入する排気の空燃比がリーン空燃比であるときは排氣中に含まれる窒素酸化物(NOx)を吸収し、流入排気の空燃比が理論空燃比もしくはリッチ空燃比であるときは吸収していた窒素酸化物(NOx)を放ししつつ還元・浄化する吸収還元型NOx触媒、該排気浄化触媒46に流入する排気の空燃比が酸素過剰状態にあり且つ所定の還元剤が存在するときに排氣中の窒素酸化物(NOx)を還元・浄化する選択還元型NOx触媒、もしくは上記した各種の触媒を適宜組み合わせてなる触媒である。

【0058】また、内燃機関1は、クランクシャフト23の端部に取り付けられたタイミングロータ51aとタイミングロータ51a近傍のシリンダブロック1bに取り付けられた電磁ピックアップ51bとからなるクランクポジションセンサ51と、内燃機関1の内部に形成された冷却水路1cを流れる冷却水の温度を検出すべくシリンドブロック1bに取り付けられた水温センサ52とを備えている。

【0059】このように構成された内燃機関1には、該内燃機関1の運転状態を制御するための電子制御ユニット(Electronic Control Unit: ECU)20が併設されている。

【0060】前記ECU20には、スロットルポジションセンサ41、アクセルポジションセンサ43、エアフローメータ44、空燃比センサ48、クランクポジションセンサ51、水温センサ52、バルブリフトセンサ317等の各種センサが電気配線を介して接続され、各センサの出力信号がECU20に入力されるようになっている。

【0061】前記ECU20には、イグナイタ25a、吸気側駆動回路30a、排気側駆動回路31a、燃料噴射弁32、スロットル用アクチュエータ40等が電気配線を介して接続され、ECU20が各種センサの出力信号値をパラメータとしてイグナイタ25a、吸気側駆動回路30a、排気側駆動回路31a、燃料噴射弁32、スロットル用アクチュエータ40を制御することが可能になっている。

【0062】ここで、ECU20は、図3に示すように、双方向性バス400によって相互に接続されたCPU401とROM402とRAM403とバックアップRAM404と入力ポート405と出力ポート406とを備えるとともに、前記入力ポート405に接続されたA/Dコンバータ(A/D)407を備えている。

【0063】前記A/D407には、スロットルポジションセンサ41、アクセルポジションセンサ43、エアフローメータ44、空燃比センサ48、水温センサ52、バルブリフトセンサ317等のようにアナログ信号形式の信号を出力するセンサと電気配線を介して接続され、各センサの出力信号をアナログ信号形式からデジタル信号形式に変換した後に前記入力ポート405へ送信する。

【0064】前記入力ポート405は、前述したスロットルポジションセンサ41、アクセルポジションセンサ43、エアフローメータ44、空燃比センサ48、水温センサ52等のようにアナログ信号形式の信号を出力するセンサと前記A/D407を介して接続されるとともに、クランクポジションセンサ51のようにデジタル信号形式の信号を出力するセンサと直接接続されている。

【0065】前記入力ポート405は、各種センサの出力信号を直接又はA/D407を介して入力し、それらの出力信号を双方向性バス400を介してCPU401やRAM403へ送信する。

【0066】前記出力ポート406は、イグナイタ25a、吸気側駆動回路30a、排気側駆動回路31a、燃料噴射弁32、スロットル用アクチュエータ40等と電気配線を介して接続されている。前記出力ポート406は、CPU401から出力された制御信号を双方向性バス400を介して入力し、その制御信号をイグナイタ2

5a、吸気側駆動回路30a、排気側駆動回路31a、燃料噴射弁32、又はスロットル用アクチュエータ40へ送信する。

【0067】前記ROM402は、燃料噴射量を決定するための燃料噴射量制御ルーチン、燃料噴射時期を決定するための燃料噴射時期制御ルーチン、吸気弁28の開閉タイミングを決定するための吸気弁開閉タイミング制御ルーチン、排気弁29の開閉タイミングを決定するための排気弁開閉タイミング制御ルーチン、吸気側電磁駆動機構30に印加すべき励磁電流量を決定するための吸気側励磁電流制御ルーチン、排気側電磁駆動機構31に印加すべき励磁電流量を決定するための排気側励磁電流量制御ルーチン、各気筒21の点火栓25の点火時期を決定するための点火時期制御ルーチン、スロットル弁39の開度を決定するためのスロットル開度制御ルーチン等のアプリケーションプログラムに加え、吸気弁28の開度を所望の開度とすべく吸気側駆動回路30aを制御するための吸気弁開度制御ルーチンを記憶している。

【0068】前記ROM402は、前記したアプリケーションプログラムに加え、各種の制御マップを記憶している。前記した制御マップは、例えば、内燃機関1の運転状態と燃料噴射量との関係を示す燃料噴射量制御マップ、内燃機関1の運転状態と燃料噴射時期との関係を示す燃料噴射時期制御マップ、内燃機関1の運転状態と吸気弁28の開閉タイミングとの関係を示す吸気弁開閉タイミング制御マップ、内燃機関1の運転状態と排気弁29の開閉タイミングとの関係を示す排気弁開閉タイミング制御マップ、内燃機関1の運転状態と吸気側電磁駆動機構30及び排気側電磁駆動機構31に印加すべき励磁電流量との関係を示す励磁電流量制御マップ、内燃機関1の運転状態と各点火栓25の点火時期との関係を示す点火時期制御マップ、内燃機関1の運転状態とスロットル弁39の開度との関係を示すスロットル開度制御マップ、内燃機関1の運転状態と吸気弁28の開度との関係を示す吸気弁開度制御マップ等である。

【0069】前記RAM403は、各センサの出力信号やCPU401の演算結果等を記憶する。前記演算結果は、例えば、クランクポジションセンサ51の出力信号に基づいて算出される機関回転数等である。前記RAM403に記憶される各種のデータは、クランクポジションセンサ51が信号を出力する度に最新のデータに書き換えられる。

【0070】前記バックアップRAM45は、内燃機関1の運転停止後もデータを保持する不揮発性のメモリであり、各種制御に係る学習値等を記憶する。前記CPU401は、前記ROM402に記憶されたアプリケーションプログラムに従って動作し、燃料噴射制御、点火制御を実行すると共に、本発明の要旨となる吸気弁開度制御を実行する。

【0071】以下、本実施の形態にかかる吸気弁開度制

御について述べる。内燃機関1の運転状態が低回転運転領域にあるときの吸気弁28の開閉タイミングは、通常、図4に示すように、吸気行程上死点で吸気弁28が開弁するとともに吸気行程下死点で吸気弁28が閉弁するよう設定されるが、機関回転数が低いときは吸気の流速が低く、吸気の慣性効果を十分に得ることができないため、吸気弁28の閉弁時における気筒内の圧力を大気圧より高くすることができない。

【0072】これに対して、図5に示すように、吸気弁28の開弁時期を吸気行程上死点より遅角させ、吸気行程上死点から吸気弁28が開弁するまでの期間において気筒21内に負圧を発生させることにより、吸気弁28の開弁時における吸気の流速を高め、吸気の慣性効果を得ることが考えられる。

【0073】しかしながら、内燃機関1の吸気系は、内燃機関1の運転状態が高回転運転領域にあるとき、つまり吸気行程期間が短くなるときに、吸気の慣性効果が得られるように設計されている。このため、内燃機関1の運転状態が低回転運転領域にあるとき、つまり吸气行程期間が長くなるときに吸気の慣性効果を得るためにには、吸気弁28の開弁時期と閉弁時期との時間的な間隔が短くすべく吸気弁28の開弁時期を多量に遅角させなければならず、内燃機関1のポンプ損失が不要に増大してしまう。

【0074】そこで、本実施の形態に係る吸気弁開度制御では、CPU401は、各気筒21の吸気行程の途中で吸気弁28の開度を一時的に全閉位置まで絞るようにした。つまり、本実施の形態に係る吸気弁開度制御では、CPU401は、各気筒21の吸気行程において、吸気弁28を2回開閉駆動するようにした。

【0075】以下では、各気筒21の吸気行程で吸気弁28が2回開閉駆動される場合の1回目の開弁時期を第1の開弁時期：VO1、1回目の閉弁時期を第1の閉弁時期：VC1、2回目の開弁時期を第2の開弁時期：VO2、2回目の閉弁時期を第2の閉弁時期：VC2と称するものとする。

【0076】このように各気筒21の吸気行程において吸気弁28が2回開閉駆動されると、図6に示すように、第1の開弁時期：VO1から第1の閉弁時期：VC1までの開弁期間では、ピストン22の下降動作に応じて気筒21内に吸気が流入することになるため、気筒21内の圧力は、略大気圧となっている。

【0077】続いて、第1の閉弁時期：VC1から第2の開弁時期：VO2までの閉弁期間では、ピストン22の下降動作に応じて気筒21内に吸気が流入しなくなるため、気筒21内に負圧が発生し、その結果、吸気弁28の上流（吸気系）と下流（気筒21内）との間に圧力差が生じることになる。

【0078】第2の開弁時期：VO2から第2の閉弁時期：VC2までの開弁期間では、吸気弁28の上流と下

流との圧力差によって気筒21内に流入する吸気の流速が高められることになる。

【0079】更に、前記の圧力差によって吸気弁28近傍に負圧波が発生し、その負圧波が吸気系へ伝播し、次いで前記負圧波が吸気系の大気開放端にて正圧波として反射されて前記吸気弁28近傍に戻ってくる、いわゆる圧力振動が発生することになるため、圧力振動による正圧波が気筒21内に到達する時期と第2の閉弁時期：VC2とが同期するように第2の開弁時期：VO2を設定することにより、吸気の慣性効果を得ることが可能となり、その結果、第2の閉弁時期：VC2における気筒21内の圧力を大気圧より高くすることが可能となる。

【0080】一方、気筒21内へ流入する吸気の流速は、吸気弁28の上流と下流との圧力差の大きさに応じて変化し、前記の圧力差は、第1の閉弁時期：VC1と第2の開弁時期：VO2との間隔に応じて変化するため、第1の閉弁時期：VC1と第2の開弁時期：VO2との間隔を長くして吸気の流速を高めることが考えられる。

【0081】しかしながら、吸気の流速は音速で最大となるため、第1の閉弁時期：VC1と第2の開弁時期：VO2との間隔を過剰に長くしても、吸気の流速を高めることは不可能となり、内燃機関1のポンプ損失を増大させるだけとなる。

【0082】そこで、本実施の形態では、第1の閉弁時期：VC1と第2の開弁時期：VO2との間隔は、吸気の流速を音速とする上で必要最小限の間隔（以下、一時閉弁間隔と記す）となるように設定されるものとする。この一時閉弁間隔は、予め実験的に求められてROM402の所定領域に記憶されているものとする。

【0083】次に、本実施の形態に係る吸気弁開度制御について具体的に説明する。CPU401は、吸気弁開度制御を実行するにあたり、図7に示すような吸気弁開度制御ルーチンを実行することになる。この吸気弁開度制御ルーチンは、ROM402に予め記憶されているルーチンであって、CPU401によって所定時間毎（例えば、クランクポジションセンサ51がパルス信号を出力する度）に繰り返し実行されるルーチンである。

【0084】前記吸気弁開度制御ルーチンでは、CPU401は、先ず、S701において、RAM403の所定領域へアクセスし、最新の機関回転数（Ne）を読み出す。

【0085】S702では、CPU401は、前記S701で読み出された機関回転数（Ne）が所定回転数（Ne s）以下であるか否かを判別する。ここで、前記した所定回転数（Ne s）は、吸気弁28が通常の開閉タイミングで開閉駆動された場合において、所望の慣性効果を得ることができる最低の機関回転数である。この所定回転数（Ne s）は、予め実験的に求められた値であり、ROM402の所定領域に記憶されている。

【0086】前記S702において前記機関回転数（Ne）が前記所定回転数（Ne s）以上であると判定した場合は、CPU401は、吸気弁28を通常の開閉タイミングで開閉駆動しても所望の慣性効果を得るとみなし、S707へ進む。

【0087】S707では、CPU401は、通常の開閉タイミングで吸気弁28を開閉駆動すべく吸気側駆動回路30aを制御する。一方、前記S702において前記機関回転数（Ne）が前記所定回転数（Ne s）より低いと判定した場合は、CPU401は、吸気弁28を通常の開閉タイミングで開閉駆動しても所望の慣性効果を得ることができないとみなし、S703へ進む。

【0088】S703では、CPU401は、第1の開弁時期：VO1、第1の閉弁時期：VC1、第2の開弁時期：VO2、及び第2の閉弁時期：VC2を算出する。具体的には、CPU401は、先ず、第1の開弁時期：VO1を吸気行程上死点に設定するとともに、第2の閉弁時期：VC2を吸気行程下死点に設定する。

【0089】続いて、CPU401は、第2の開弁時期：VO2に発生する圧力振動の正圧波が気筒21内に到達する時期と第2の閉弁時期：VC2とが同期するよう第2の開弁時期：VO2を決定する。

【0090】すなわち、第2の開弁時期：VO2から第2の閉弁時期：VC2までの所要時間（以下、第2の開弁時間：T0と記す）と、第2の開弁時期：VO2から正圧波が気筒21に到達する時点までの所要時間（以下、正圧波伝播時間：TSと記す）とが一致するよう第2の開弁時期：VO2を決定する。

【0091】その際、正圧波の伝播速度が音速で略一定となるため前記正圧波伝播時間：TSは略一定値となるが、第2の開弁時間：T0は機関回転数（Ne）に応じて変化するため、機関回転数（Ne）と正圧波伝播時間：TSと第2の開弁時期：VO2との関係を予め実験的に求めておき、それらの関係をマップ化してROM402に記憶しておくようにしてもよい。

【0092】上記したように第2の開弁時期：VO2が算出されると、CPU401は、ROM402に記憶されている一時閉弁間隔を読み出し、前記第2の開弁時期：VO2から前記一時閉弁間隔を減算して、第1の閉弁時期：VC1を算出する。

【0093】このようにS702の処理を実行し終えると、CPU401は、S704へ進み、前記S703で算出された第1の開弁時期：VO1、第1の閉弁時期：VC1、第2の開弁時期：VO2、及び第2の閉弁時期：VC2に従って各気筒21の吸気弁28を開閉駆動すべく、吸気側駆動回路30aを制御する。

【0094】この場合、各気筒21の吸気弁28は、先ず、第1の開弁時期：VO1で開弁された後に、第1の閉弁時期：VC1で一旦閉弁される。次いで、各気筒21の吸気弁28は、前記第1の閉弁時期：VC1で閉弁

された後の第2の開弁時期：VO2で再び開弁され、第2の閉弁時期：VC2で再度閉弁されることになる。つまり、各気筒21の吸気弁28は、前述した図6の説明で述べたように、各気筒21の吸気行程において2回開閉駆動されることになる。

【0095】この結果、気筒21内に流入する吸気の流速が高められるとともに、第2の開弁時期：VO2に発生する圧力振動の正圧波が第2の閉弁時期：VC2と同期することになるため、各気筒21における吸気の充填効率を高めることが可能となる。

【0096】更に、本実施の形態では、第1の閉弁時期：VC1と第2の開弁時期：VO2との間隔（一時閉弁間隔）は、気筒21内に流入する吸気の流速を音速とする上で最低限の長さに設定されるため、内燃機関1のポンプ損失が不要に増大することがない。

【0097】このようにCPU401が吸気弁開度制御ルーチンを実行することにより、本発明に係る吸気弁開度制御手段が実現されることになる。従って、本実施の形態に係る可変動弁機構を有する内燃機関によれば、内燃機関1の運転状態が低回転運転領域にあるときに、内燃機関1のポンプ損失を不要に増大させることなく各気筒21内に流入する吸気の流速を高めることができるとともに、吸気の慣性効果を得ることができるため、各気筒21における吸気の充填効率を高め、以て内燃機関1のトルクを向上させることができることが可能となる。

【0098】尚、電磁駆動式動弁機構を備えた内燃機関1において、吸気管負圧の発生に伴うポンプ損失を防止すべく、スロットル弁39を実質的に全開となる開度に保持しつつ、吸気弁28及び排気弁29の開閉タイミングを制御して吸入空気量を制御する、所謂ノンスロットル運転制御が実行される場合には、吸気通路内の圧力が略大気圧となり、吸気行程中の気筒21内においても負圧が発生し難くなるため、吸気の流速が低く、燃料噴射弁32から噴射された燃料を気化することが困難となることが想定される。

【0099】そこで、本実施の形態では、内燃機関1がノンスロットル運転される場合には、CPU401は、図8に示すように、吸気弁28の開弁時期を吸気行程上死点から所定量遅角させることにより、吸気弁28開弁時における吸気弁28の上流と下流との圧力差を増大させ、以て気筒21内に流入する吸気の流速を高めて燃料の微粒化及び霧化を促進させるようにしてもよい。

【0100】この場合、吸気行程中の気筒21内には、新気と燃料とが均質に混合された良好な可燃混合気が形成されることになる。この結果、必要最小限の燃料によって所望の可燃混合気を形成することが可能となり、燃料消費量が低減されることになる。

【0101】

【発明の効果】本発明に係る可変動弁機構を有する内燃

機関では、各気筒の吸気行程途中で吸気弁の開度を一時的に絞ることにより、気筒内へ流入する吸気の流速を高くすることが可能となる。

【0102】更に、本発明に係る可変動弁機構を有する内燃機関では、吸気弁の開度が絞られると、気筒内で発生した負圧波が内燃機関の吸気系へ伝播し、次いで吸気系の大気開放端にて正圧波として反射されて気筒内に戻ってくる、いわゆる圧力振動が発生することになるため、圧力振動による正圧波が気筒内に到達する時期と吸気弁が閉弁する時期とを同期させるべく吸気弁の絞り時期を設定することにより、吸気の慣性効果を得ることが可能となる。

【0103】その際、吸気弁の開度は、吸気行程途中で一時的に絞られるのみであるため、内燃機関のポンプ損失が不要に増大することもない。従って、本発明に係る可変動弁機構を有する内燃機関によれば、内燃機関のポンプ損失を不要に増大させることなく、気筒内に流入する吸気の流速を高めることができるとともに吸気の慣性効果を得ることができるとため、各気筒における吸気の充填効率が向上し、以て内燃機関のトルクを向上させることができることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係る可変動弁機構を有する内燃機関の概略構成を示す図

【図2】 吸気側電磁駆動機構の内部構成を示す図

【図3】 ECUの内部構成を示すブロック図

【図4】 従来の吸気弁開閉タイミングと筒内圧力との関係を示す図(1)

【図5】 従来の吸気弁開閉タイミングと筒内圧力との関係を示す図(2)

【図6】 本実施の形態に係る吸気弁開閉タイミングと筒内圧力との関係を示す図

【図7】 本実施の形態に係る吸気弁開度制御ルーチンを示すフローチャート図

【図8】 他の実施の形態に係る吸気弁開閉タイミングと筒内圧力との関係を示す図

【符号の説明】

1 . . . 内燃機関

20 . . . ECU

26 . . . 吸気ポート

27 . . . 排気ポート

28 . . . 吸気弁

29 . . . 排気弁

30 . . . 吸気側電磁駆動機構

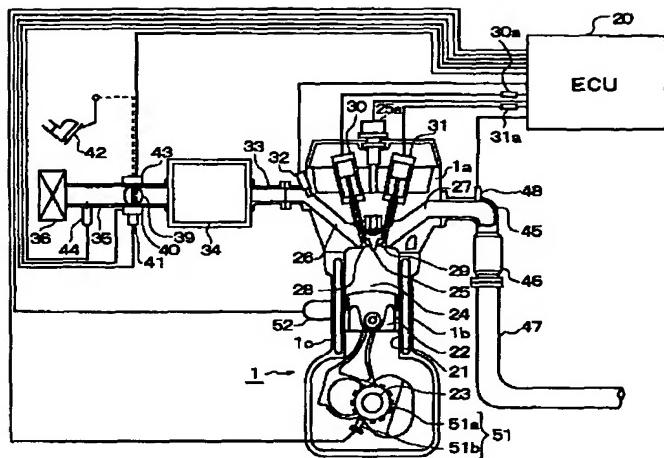
30a . . . 吸気側駆動回路

31 . . . 排気側電磁駆動機構

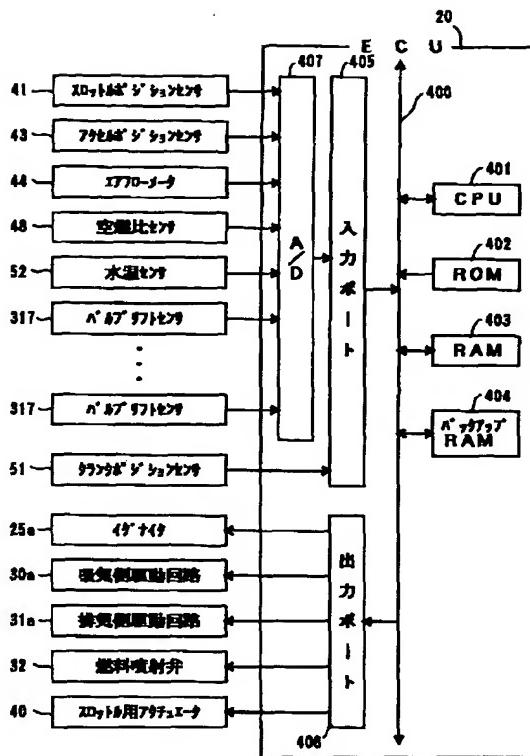
31a . . . 排気側駆動回路

51 . . . クランクポジションセンサ

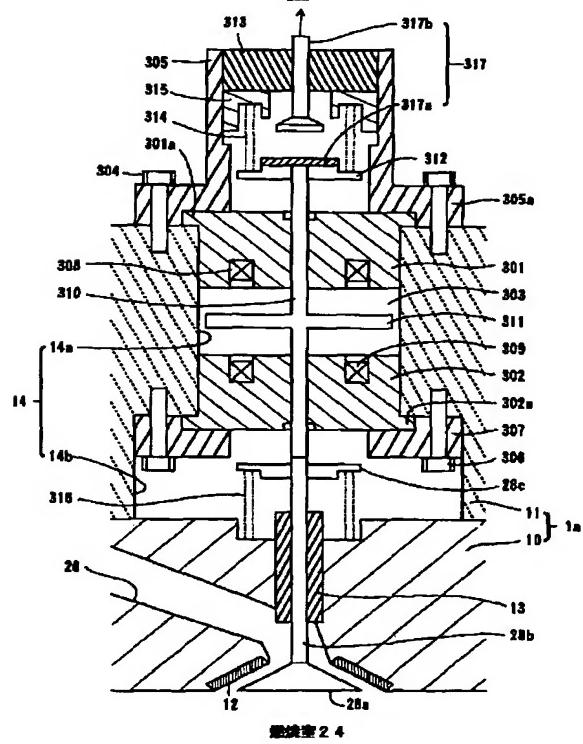
【図1】



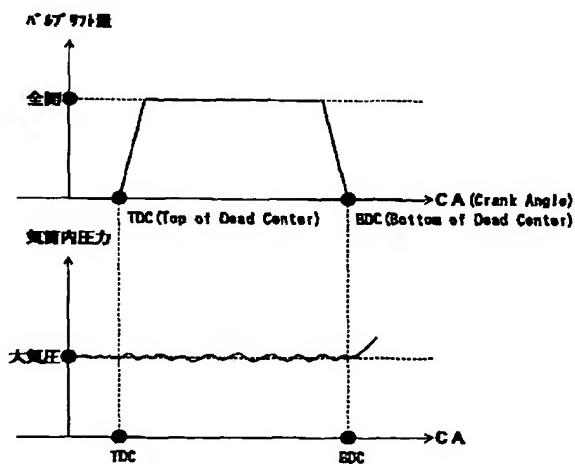
【図3】



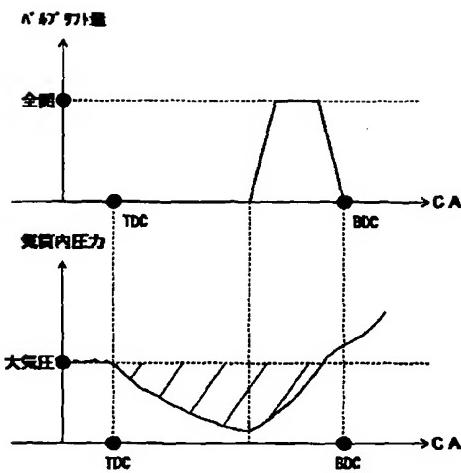
【図2】



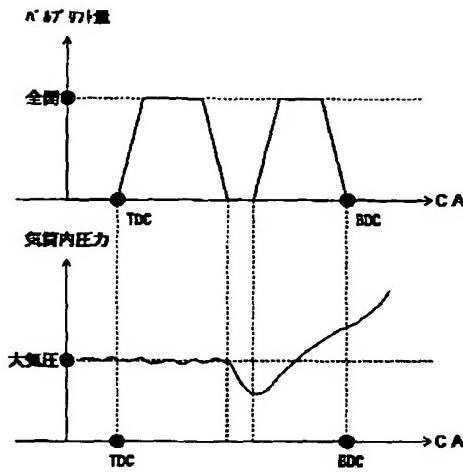
【図4】



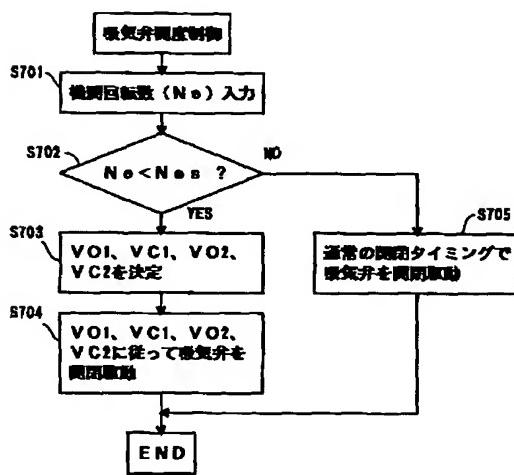
【図5】



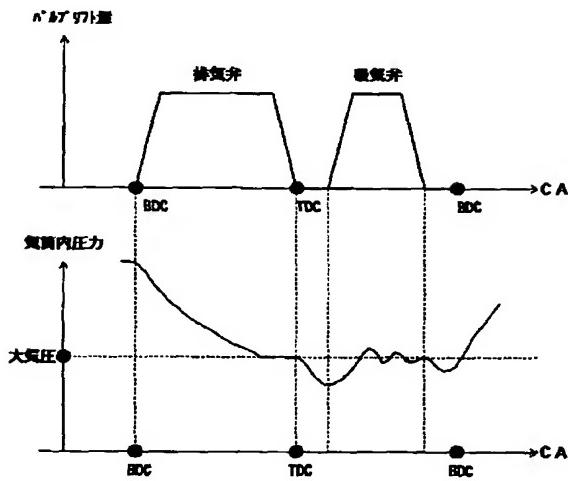
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 田中 正明  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内  
(72)発明者 四重田 啓二  
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

F ターム(参考) 3G018 AB09 AB16 BA38 CA12 DA37  
DA70 EA02 EA03 EA11 EA16  
EA17 EA19 EA22 EA24 EA32  
FA01 FA08 GA06 GA07  
3G092 AA01 AA11 BA01 DA01 DA07  
DF01 DG09 EA02 EA04 EA28  
FA02 GA17 HA01X HA01Z  
HA06X HA06Z HA13X HA13Z  
HE01X HE01Z HE04X HE04Z